



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA, 1948

*Facultad de Ingeniería Eléctrica*

*Departamento de Electroenergética*

## TRABAJO DE DIPLOMA



**Título:** Comprobación de curvas típicas de carga en bancos de transformadores y en un circuito de distribución.

**Autor:** Rafael Lorenzo Crespo Cuellar.

**Tutor:** Ing. Víctor Manuel Altuna Martínez.

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



**Universidad Central “Marta Abreu” de Las  
Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Electroenergética**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**Título:** Comprobación de curvas típicas de carga en bancos de transformadores y en un circuito de distribución.

**Autor:** Rafael Lorenzo Crespo Cuellar.

*E-mail:* [rcrespo@uclv.edu.cu](mailto:rcrespo@uclv.edu.cu)

**Tutor:** Ing. Víctor Manuel Altuna Martínez.

*E-mail:* [victor\\_manuel@uclv.edu.cu](mailto:victor_manuel@uclv.edu.cu)

**Consultante:** Dr. Leonardo Casas Fernández.

*E-mail:* [lcasas@uclv.edu.cu](mailto:lcasas@uclv.edu.cu)

Santa Clara

2010

"Año 52 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Eléctrica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de  
Departamento donde se  
defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-  
Técnica

## PENSAMIENTO

*“Años hace, la electricidad era fuerza rebelde, destructora y confusa. Hoy obedece al hombre, como caballo domado.”*

*José Martí*

## DEDICATORIA

- *A mis padres que se han encargado de formarme como un hombre de bien y han entregado sus vidas para que yo pudiera cumplir mi sueño.*
- *A toda mi familia y especial a mi hermano por su cariño y comprensión.*
- *A todos mis tíos por su apoyo para que yo cursara mis estudios.*
- *A mi tío Rafael y a mi tía Eusebia que han sido como mis segundos padres.*
- *A mi novia Dayana por su apoyo, amor y dedicación para que este trabajo saliera de la mejor forma posible.*
- *A mis compañeros de aula con los cuales compartí estos cinco años.*
- *A todas mis amistades que de una forma u otra siempre confiaron en mí.*
- *En fin a todo aquel que me brindó su apoyo para que yo pudiera ser hoy lo que soy.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- *Al tutor de esta investigación, Ing. Víctor Manuel Altuna, por su vital colaboración ya que sin él este resultado no se hubiese alcanzado.*
- *Al Consultante: Dr. Leonardo Casas, por su profesionalidad y sabiduría.*
- *Al Máster en Ciencias Alberto Ramírez, por su importante contribución.*

## TAREA TÉCNICA

- ✓ Desarrollar una revisión bibliográfica en cuanto al tema.
- ✓ Comprobar en bancos mixtos los gráficos obtenidos en estudios anteriores.
- ✓ Realizar un levantamiento integral del circuito 10 (Gran Panel D-353) de Santa Clara.
- ✓ Conocer el por ciento que representa cada carga en este circuito para la obtención de un gráfico a partir de las cargas anteriormente caracterizadas.
- ✓ Obtener el gráfico real del circuito mediante la descarga del NULEC.
- ✓ Modelar el circuito 10 de Santa Clara en el Radial.
- ✓ Obtener la curva del circuito mediante el Radial.
- ✓ Comparar los tres resultados.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es comprobar los gráficos típicos de carga obtenidos en estudios anteriores y verificar la exactitud de los mismos en el software **RADIAL**; para esto se enfocó el estudio en la potencia activa (P) de los días laborables, con el fin de comparar mediciones reales con curvas horarias obtenidas a partir de estos gráficos típicos de cargas. Se seleccionó el circuito de distribución a estudiar teniendo en cuenta que cumpliera con los requisitos necesarios. Este estudio posee gran aplicabilidad práctica para su uso en el software **RADIAL**, pues permitirá a los especialistas e investigadores tener una mayor precisión a la hora de realizar estudios en el sistema eléctrico, ya sea sobre pérdidas eléctricas o bien al balancear las cargas, con lo que se logrará una mayor eficiencia en la red nacional, y se contribuirá con el ahorro energético que se está llevando a cabo en el país.

# TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
TAREA TÉCNICA .....	vii
RESUMEN .....	viii
TABLA DE CONTENIDOS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
Organización del informe:.....	3
CAPÍTULO 1.    Revisión bibliográfica.....	4
1.1.    Generalidades. ....	4
1.2.    Situación internacional. ....	5
1.2.1    Estudio de la Universidad Tecnológica de Pereira.....	5
1.2.2    Estudio realizado en México. ....	10
1.3.    Estudios realizados con anterioridad en Cuba.....	11
1.3.1    Evaluación Preliminar de las nuevas cargas residenciales en el consumo y la demanda en Villa Clara. ....	11
1.3.2    Características del Consumo y la Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial.....	13
1.3.3    Caracterización de cargas típicas. ....	16
1.3.4    Caracterización de Cargas Residenciales .....	19
CAPÍTULO 2.    Requerimientos para el estudio de los circuitos de distribución.....	24
2.1    Generalidades. ....	24

2.2	Comprobación de los gráficos de carga obtenidos con anterioridad y validación del método de facturación. ....	24
2.3	Selección del circuito.....	26
2.4	Medición en los circuitos primarios. ....	26
2.5	RADIAL.....	27
2.6	Modelos horarios.....	28
2.7	Clasificación de los Modelos Horarios.....	29
CAPÍTULO 3. Resultados y análisis de las mediciones.....		31
3.1	Generalidades. ....	31
3.2	Comprobación de las curvas obtenidas por medio de los gráficos típicos con mediciones efectuadas en bancos de transformadores. ....	31
3.3	Análisis del circuito 10 de Santa Clara.....	35
3.3.1	Obtención del gráfico de carga total del circuito mediante el método de facturación. ....	39
3.3.2	Análisis de las mediciones. ....	40
3.3.3	Simulación en el RADIAL. ....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		45
	Conclusiones .....	45
	Recomendaciones .....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		47
ANEXOS .....		48

## INTRODUCCIÓN

El consumo de energía eléctrica tiene gran relevancia, ya que esta constituye un elemento fundamental para el progreso, tanto económico como social, para todos los países del mundo. La demanda de electricidad ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas décadas debido a la incorporación de nuevos equipos eléctricos con el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Durante años el país ha estado haciendo énfasis en el ahorro de la energía eléctrica debido a la necesidad económica existente, en especial, cuando su generación se produce mediante la quema de combustibles fósiles; cuyo precio ha impuesto récord en el mercado mundial, y además ha ocasionado un impacto ambiental negativo debido a los gases que este combustible emite a la atmósfera.

Los estudios de caracterización de las cargas resultan engorrosos, dada la diferencia que existe entre el nivel de vida de los usuarios. A nivel comercial estas diferencias se deben a que algunas empresas presentan tecnología de punta, a diferencia de otras que carecen de los recursos necesarios para lograr un mejor aprovechamiento energético; no obstante estos estudios se llevan a cabo de manera estratificada separando los clientes en clases, para de esta manera simplificar el problema y obtener los resultados lo más exactos posible. En nuestro país se han realizado algunos estudios con el objetivo de caracterizar la carga, pero circunscritos básicamente al sector residencial.

Los estudios más recientes han incluido los casos de cargas de oficinas, hoteles, hospitales y tiendas recaudadoras de divisa donde se han obtenido sus gráficos

característicos de potencia activa y reactiva tanto para días laborables como para los no laborables.

El objetivo de esta investigación se desarrolla con el fin de corroborar la fiabilidad de los modelos de carga caracterizados en estudios anteriores para su incorporación al **RADIAL**, software especializado en el análisis de circuitos de distribución primaria.

El objetivo general de este trabajo es comprobar la exactitud de los gráficos de carga obtenidos en estudios anteriores, para el cual se decidió tomar como muestra el circuito 10 de la ciudad de Santa Clara por ser un circuito no muy extenso pero con gran diversidad de carga. Para lograr el objetivo anteriormente expuesto, se realizaron una serie de tareas técnicas, entre las que se destacan:

- Realizar el levantamiento de los secundarios del circuito
- Conocer el por ciento que representa cada carga en este circuito para la obtención de un gráfico a partir de las cargas anteriormente caracterizadas.
- Obtener el gráfico real del circuito mediante la descarga del NULEC de la subestación.
- Obtener la curva del circuito mediante el **RADIAL**.
- Comparar los tres resultados.

**Organización del informe:**

Este trabajo consta de tres capítulos: el primero contiene algunos estudios realizados en Cuba y el mundo en cuanto a caracterización de cargas. El segundo capítulo contiene una breve descripción de los materiales y métodos a utilizar para la realización de este trabajo. El tercer capítulo recoge los gráficos horarios de las cargas y un análisis minucioso de los resultados obtenidos, a partir de los cuales se arribó a las conclusiones de la investigación.

## **CAPÍTULO 1. Revisión bibliográfica.**

### **1.1. Generalidades.**

El consumo de energía eléctrica es una característica relevante de las sociedades, y representa un factor básico para el sustento de diversos sectores, entre los que se encuentran el industrial, el comercial, y el residencial o doméstico. El creciente nivel de vida de las sociedades está asociado a una mayor demanda de energía eléctrica doméstica o residencial. La energía eléctrica en Cuba surge hace más de un siglo; desde entonces han sido muchos los períodos por los que el país ha transitado hasta llegar a la actualidad, donde se está llevando a cabo una revolución en el plano energético para mejorar la calidad de vida en la sociedad cubana. Estos cambios han originado una serie de medidas tomadas por la dirección del país, con el fin de contrarrestar el aumento significativo de la demanda eléctrica, por lo que se hace necesario un estudio del comportamiento de las cargas eléctricas para lograr una mayor eficiencia energética. A través de la caracterización de las cargas se puede clasificar y tipificar el comportamiento de determinados grupos de consumidores y definir por tanto una curva estándar para cada uno de ellos.

En este capítulo se muestran algunas investigaciones realizadas tanto en el exterior como en el país en años anteriores respecto al tema de las caracterizaciones de cargas.

## **1.2. Situación internacional.**

En el mundo generalmente estos estudios resultan muy engorrosos, dado la diferencia que existe entre el nivel de vida de los usuarios, esto se aprecia de manera clara en el sector residencial; a nivel comercial estas diferencias se deben a que algunas empresas presentan tecnología de punta, a diferencia de otras que carecen de los recursos necesarios para lograr un mejor aprovechamiento energético; no obstante estos estudios se llevan a cabo de manera estratificada separando los clientes en clases, para de esta manera simplificar el problema y obtener los resultados lo más exacto posible.

### **1.2.1 Estudio de la Universidad Tecnológica de Pereira.**

La Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia) realizó un trabajo titulado “Estimación de curvas de demanda de consumidores, transformadores de distribución y alimentadores primarios en sistemas de distribución”, donde presenta una metodología para la estimación de curvas de demanda de potencia diaria a nivel de consumidor, transformador y alimentador primario. La estimación de las curvas toma como referencia mediciones de demanda de consumidores representativos, suministradas por empresas de distribución. Utilizando las curvas de demanda estimadas, se realiza agregaciones para obtener las curvas estimadas de los transformadores de distribución y del alimentador principal. Las curvas estimadas del alimentador son comparadas con las mediciones realizadas por las empresas obteniéndose un factor de corrección para aplicar a cada curva del consumidor y transformador. Para la estimación de las curvas se empleó la estadística clásica, debido a que se contaba con una base de datos de demanda mensual, suministrada por una empresa distribuidora de energía del estado de Sao Paulo (Brasil).

Las curvas de demanda de consumidores representativos fueron obtenidas a través de mediciones con equipos apropiados instalados por la empresa de energía. A estos consumidores se les realizó mediciones en los días ordinarios, sábados y domingos. Los datos entregados por la empresa, fueron clasificados dependiendo del tipo de consumidor: residencial, comercial e industrial, además, para cada tipo de consumidor se realizó una clasificación en sub-clases,

dependiendo de la energía consumida mensualmente (kW.h/mes): 0 -100, 101 - 200, 201-300, 301-500 y por encima de 500. En la tabla (1.1) se muestra el porcentaje de consumidores en las diferentes clases de consumo.

**Tabla 1.1: Frecuencia de distribución de las clases de consumo (Alfonso Gallego, Francisquini et al. 2007).**

Clase	0-100	101-200	201-300	301-500	> 500
%	18	25	35	16	6

- Consumidores residenciales: la curva de demanda se caracteriza por un consumo prácticamente constante durante todo el día, con un aumento al terminar la tarde y un pico de demanda entre las 18 y 21 horas de la noche.
- Consumidores comerciales: estos corresponden a una pequeña parte del consumo de energía eléctrica. Son clasificados según su actividad y cantidad de energía consumida, además, se caracterizan por tener un consumo de energía empezando entre las 9 y 10 de la mañana y terminando a la media noche.
- Consumidores industriales: normalmente se alimentan en media tensión (13,8 kV) y poseen subestaciones internas para bajar el voltaje. También son clasificadas dependiendo la actividad y la cantidad de energía consumida. Las curvas de demanda diarias para estos consumidores son muy variadas y dependen principalmente de la actividad que realizan ya que hay empresas que dejan de consumir energía o consumen muy poca dependiendo de la hora del día.

La metodología propuesta emplea dos conceptos bien conocidos de la estadística: el valor medio y la desviación estándar.

El valor medio ( $\bar{X}$ ): es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Este valor tiende a estar localizado en el punto central dentro del conjunto de datos ordenados según su valor. La media también se denomina valor de tendencia central y se representa como:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (1.1)$$

Desviación estándar (S): determina el grado de dispersión de los datos respecto al valor medio y se representa como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n}} \quad (1.2)$$

A través del análisis estadístico de los datos entregados por la empresa de energía, es posible obtener un conjunto de curvas de demanda representativas para cada sub-clase y para cada tipo de consumidor. Las curvas construidas serán la del valor medio  $M(t)$  y la de desviación estándar  $D(t)$ , para los días ordinarios, sábados, y domingos. En la figura (1.1), se muestra las curvas representativas  $M(t)$  y  $D(t)$  de los consumidores residenciales para la clase 301-500 kW.h/mes para los días ordinarios.

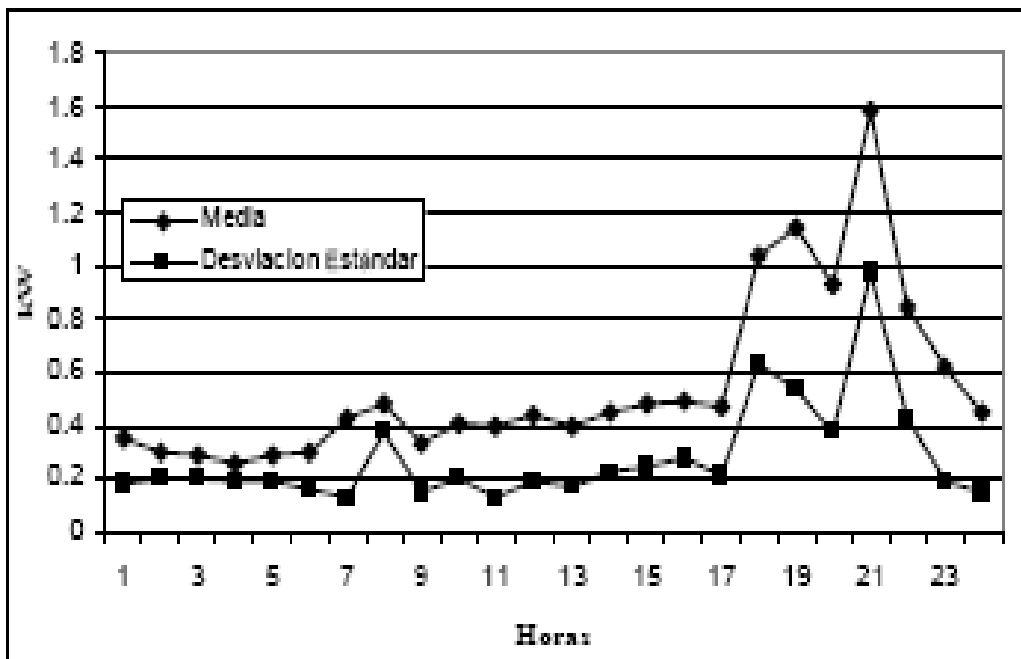


Figura 1.1: Curvas representativas  $M(t)$  y  $D(t)$  de la clase 301-500 kWh/mes.

Para instrumentar las curvas de demanda de consumidores individuales es necesario que todas las curvas representativas estén en la misma base, por lo

tanto, estas curvas son divididas por una base, denominada potencia base ( $P_{base}$ ), dada por:

$$P_{base} = \frac{1}{24} \int_1^{24} M(t) dt = \frac{\text{consumo mensual (kWh)}}{24 \times 30} \quad (1.3)$$

Las curvas representativas divididas por sus respectivas potencias base son denominadas curvas representativas de clases de consumo en valores “por unidad” (p.u.). Hay una curva de valor medio ( $m(t)$ ) y otra de desviación estándar ( $d(t)$ ).

En la figura (1.2) se muestra un ejemplo de la curva de demanda estimada para un día ordinario de un consumidor que tiene un consumo mensual de 339 kW.h/mes. Las curvas representativas son referentes a la clase 301 a 500 kWh/mes. El valor de la potencia base es 0.470833. (Alfonso Gallego, Francisquini et al. 2007)

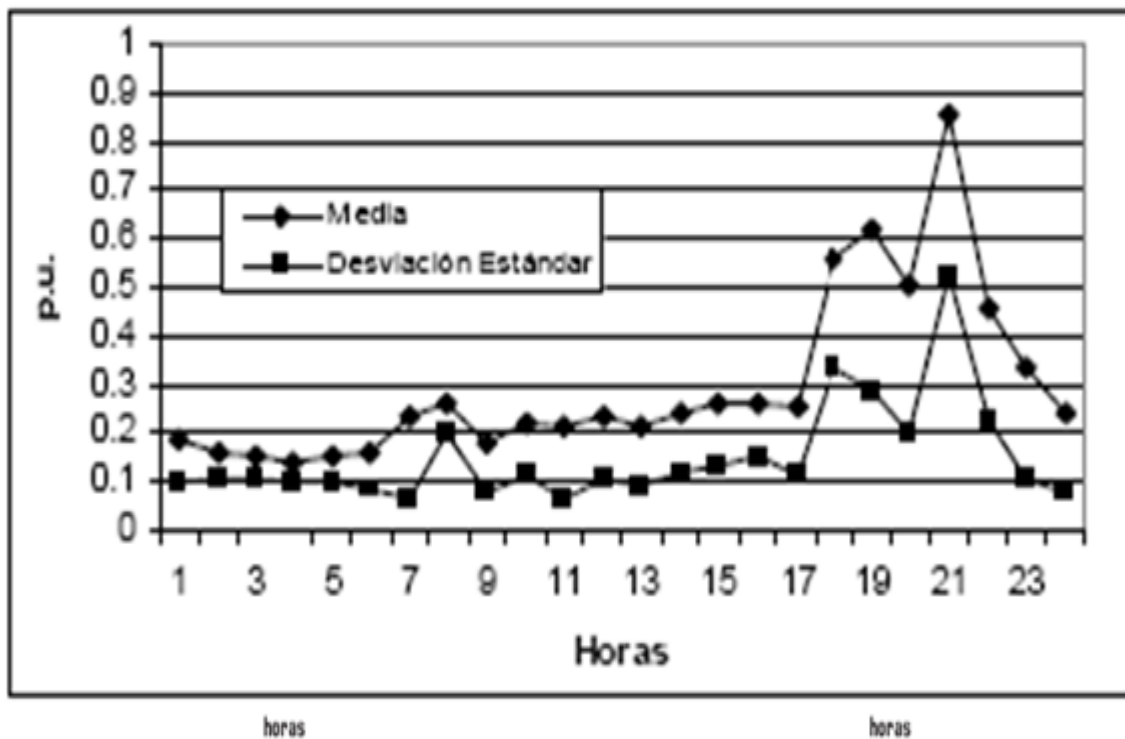


Figura 1.2: Curvas representativas  $m(t)$  y  $d(t)$  de la clase 301-500 kWh/mes en p.u.

No solo se clasificaron curvas por los kWh/mes sino que también por el sector al cual pertenecen. Seguidamente se muestran algunas curvas típicas del sector comercial.

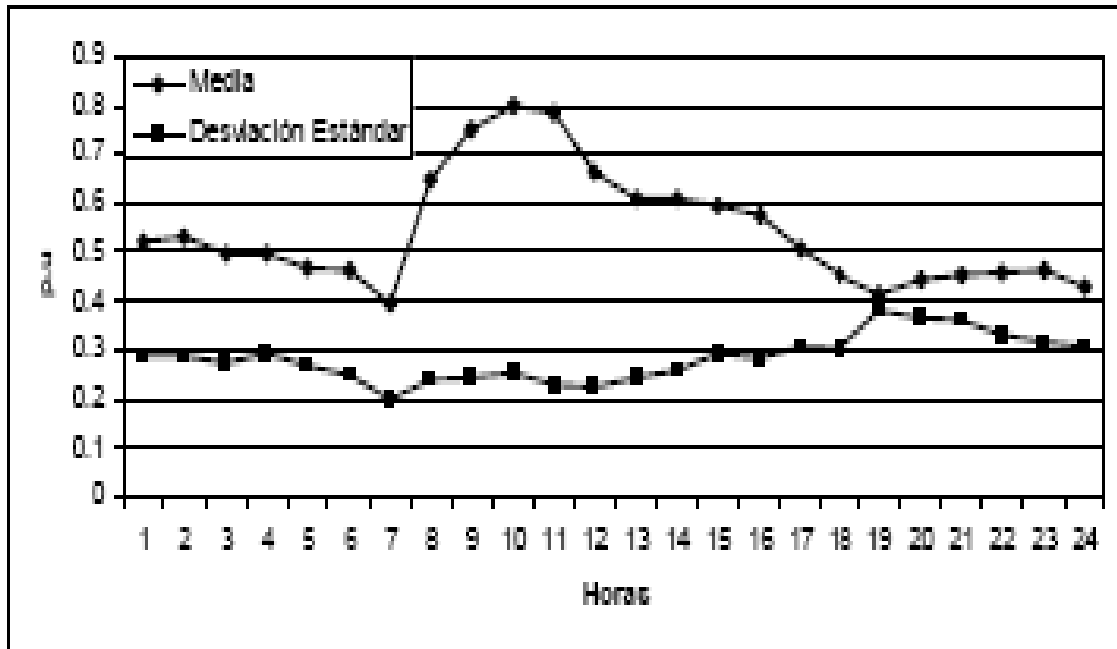


Figura 1.3: Curva estimada de un usuario comercial con demanda de 466 kW.h/mes, día sábado.

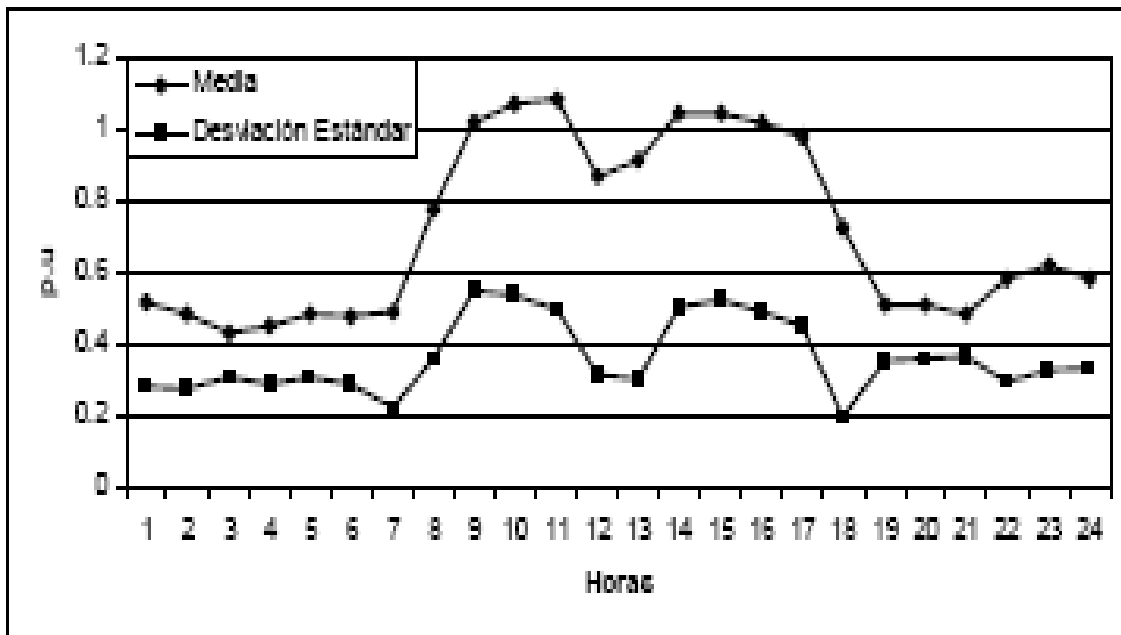


Figura 1.4: Curva estimada de un usuario comercial con demanda de 466 kW.h/mes, día ordinario.

Mediante la clasificación de consumidores por clases y subclases es posible hallar curvas de demanda base que pueden ser aplicadas a cualquier tipo de consumidor conectado al sistema de distribución. A partir de un correcto análisis

estadístico, es posible determinar las curvas de demanda de todos los consumidores del sistema y con el método de agregaciones, se obtiene las curvas de demanda de los transformadores y posteriormente la del alimentador. Esta metodología no requiere de software sofisticado ni de robustos equipos de cómputo siendo aplicable en empresas distribuidoras de bajos recursos. La correcta estimación de las curvas de demanda de un sistema de distribución depende de la calidad de la base de datos. Los datos tomados con elementos defectuosos o la escasez de datos pueden llevar a estimar curvas de demanda que no coinciden con la realidad.

### 1.2.2 Estudio realizado en México.

Estudios como el anterior se han realizado en países como México, el cual utiliza las curvas de cargas típicas para monitorear los cambios en la demanda.

En las figuras (1.5 y 1.6) se muestran las curvas típicas de carga de las áreas del norte y sur del país, correspondientes a días hábiles y no laborables, para invierno y verano de 2006. En ellas se señala la magnitud relativa de las cargas horarias respecto a la demanda máxima anual de potencia. Se puede apreciar que los perfiles de carga dependen de la región geográfica, estación del año y tipo de día. (Obregón Castellanos, Doniz González et al. 2006)

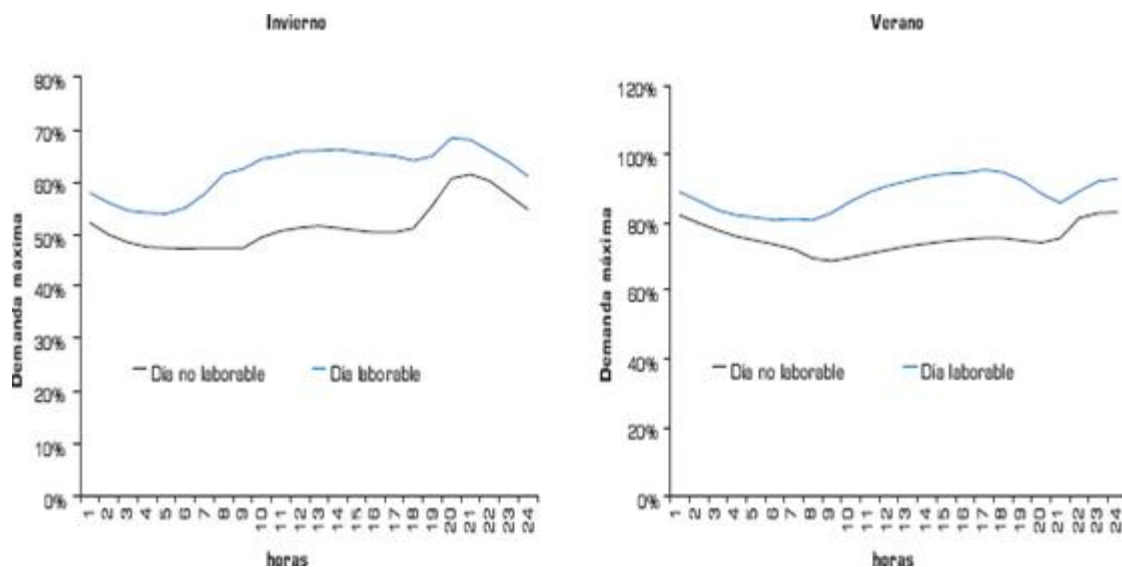
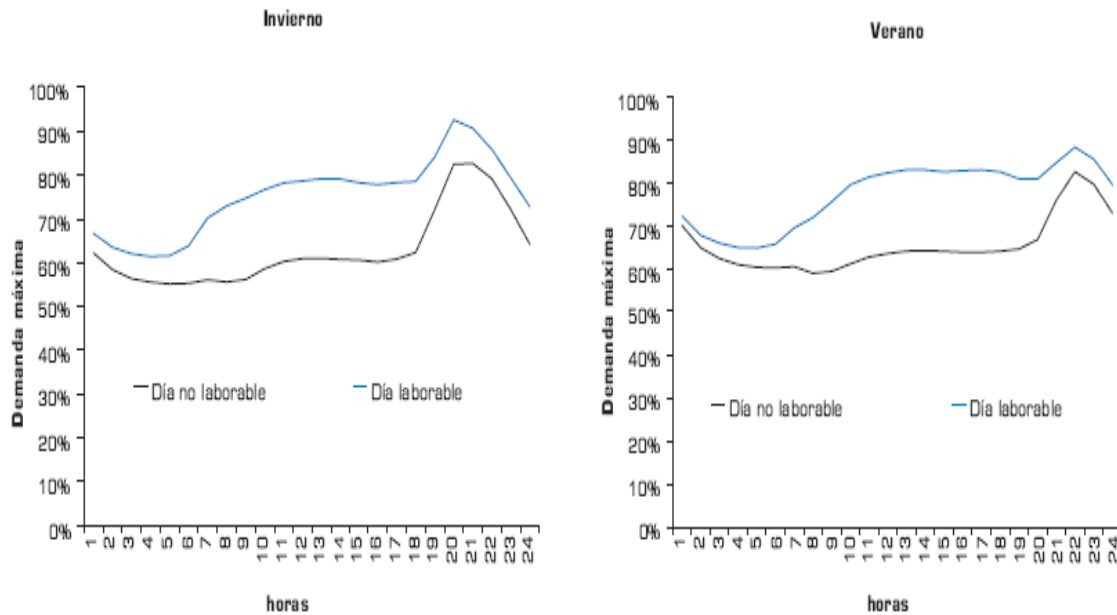


Figura 1.5: Curvas típicas de carga horaria respecto a la demanda máxima Áreas operativas del Norte.



**Figura 1.6: Curvas típicas de carga horaria respecto a la demanda máxima Áreas operativas del Sur.**

Las curvas de carga son diferentes para cada época del año. En invierno las curvas de carga en promedio se mantienen por debajo de las curvas de carga en verano. Asimismo, diferentes consumidores como la región Norte y Sur provocan que los picos no coincidan. Es por ello, que se utiliza el factor de diversidad como indicador, el cual define la relación entre la suma de las demandas máximas individuales de dos o más cargas y la demanda máxima del conjunto. Un factor mayor a uno significa que las demandas máximas no ocurren simultáneamente. (Obregón Castellanos, Doniz González et al. 2006)

### 1.3. Estudios realizados con anterioridad en Cuba.

En nuestro país no se han realizado gran cantidad de estudios en cuanto a la caracterización de carga, solo se tiene conocimiento de los desarrollados en nuestra facultad en años anteriores.

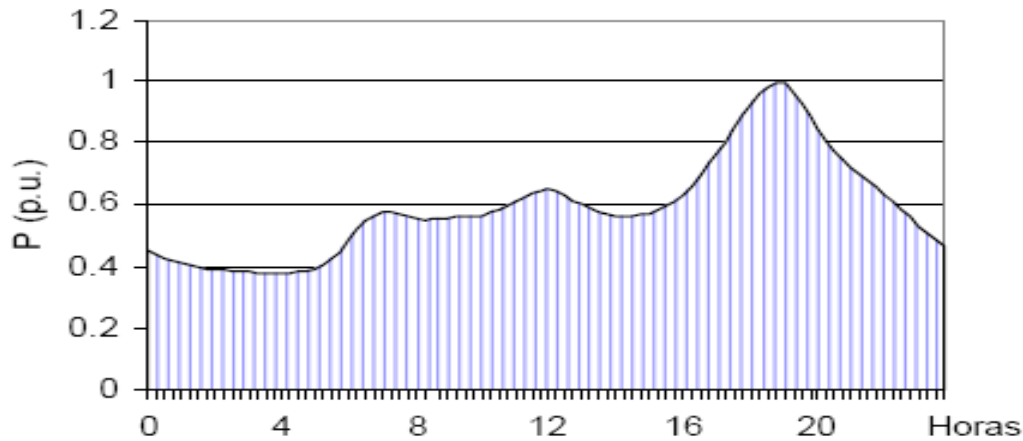
#### 1.3.1 Evaluación Preliminar de las nuevas cargas residenciales en el consumo y la demanda en Villa Clara.

La Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ingeniería Eléctrica titulada: “Evaluación Preliminar de las nuevas cargas residenciales en el

---

consumo y la demanda en Villa Clara”, por el MsC. Alberto Ramírez González, en la cual se realiza una caracterización de carga del sector residencial así como la evaluación de medidas de control de la demanda aplicadas en la provincia Villa Clara, como parte de un extenso programa que se desarrolla en el país. En el mismo se tratan temas generales relacionados con las cargas eléctricas. Se detalla la metodología utilizada para la elaboración de las curvas típicas domésticas, la cual cuenta con un método de encuestas a la población. Se obtienen resultados de gran interés como son: la incidencia de los electrodomésticos en la curva de carga, la clasificación de esta para días laborables y fines de semana así como para clientes con diferentes patrones de consumo, se demuestra tanto gráfica como matemáticamente la utilidad de la aplicación de los programas de administración. Algunas de las curvas obtenidas se muestran a continuación en la figura (1.7). (Ramírez González 2006)

### Laborables



### Fines de semana

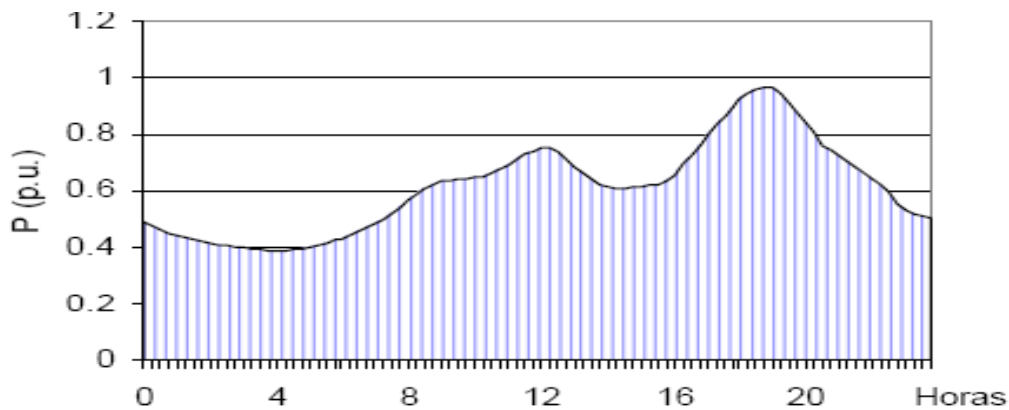
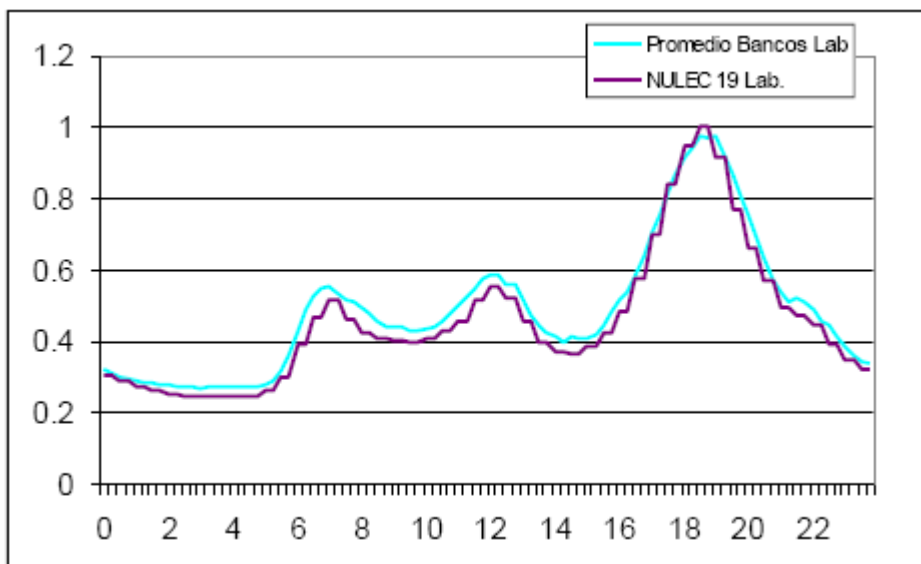


Figura 1.7: Caracterización de días laborables y fines de semana.

### 1.3.2 Características del Consumo y la Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial.

Por otra parte el Ing. *Attius Rodríguez Peña* realizó su trabajo diploma sobre el mismo tema el cual se titula: *Características del Consumo y la Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial*. En este estudio se realiza una caracterización de carga de dicho sector, detallándose la metodología utilizada para la elaboración de los gráficos, esta cuenta de mediciones, lecturas y trabajo computacional. Los resultados obtenidos resultan de gran interés, entre ellos se

destaca la forma de la curva, la demanda por consumidor y el comportamiento del reactivo. Además de lo antes mencionado se tratan temas generales relacionados con la energía, las necesidades de su uso por la humanidad actual, los tipos de energía que se conocen así como la forma de convertirlos en electricidad. Se comenta brevemente la situación actual del país dentro del curso de la Revolución Energética, mencionándose tres de los principales frentes en los que se está trabajando. La generación distribuida, la rehabilitación de redes y la introducción masiva de equipos electrodomésticos en busca de la eficiencia energética. En este trabajo se realiza un estudio estadístico a tres circuitos con más de un 90 por ciento de carga residencial, una de las formas de validar el método estadístico utilizado para determinar la forma de la curva, es comparando las gráficas promedios de los circuitos con las gráficas promedios de los bancos asociados a estos. Para lograr estas comparaciones es necesario que las curvas estén expresadas en p.u. (por unidad). De esta forma se llega a la conclusión que: tanto para la Potencia Activa como reactiva el comportamiento es similar. En la figura (1.8) se observan las comparaciones en uno de los circuitos. (Rodríguez 2007)



**Figura 1.8: Comparación de uno de los circuitos con sus transformadores asociados.**

Esto dio como resultado una curva característica para el sector residencial. Esta se obtiene en la época del año donde es mayor la demanda (invierno) .La misma

se muestra en las figuras (1.9 y 1.10) los días laborables y no laborables para Potencia Activa y Reactiva.

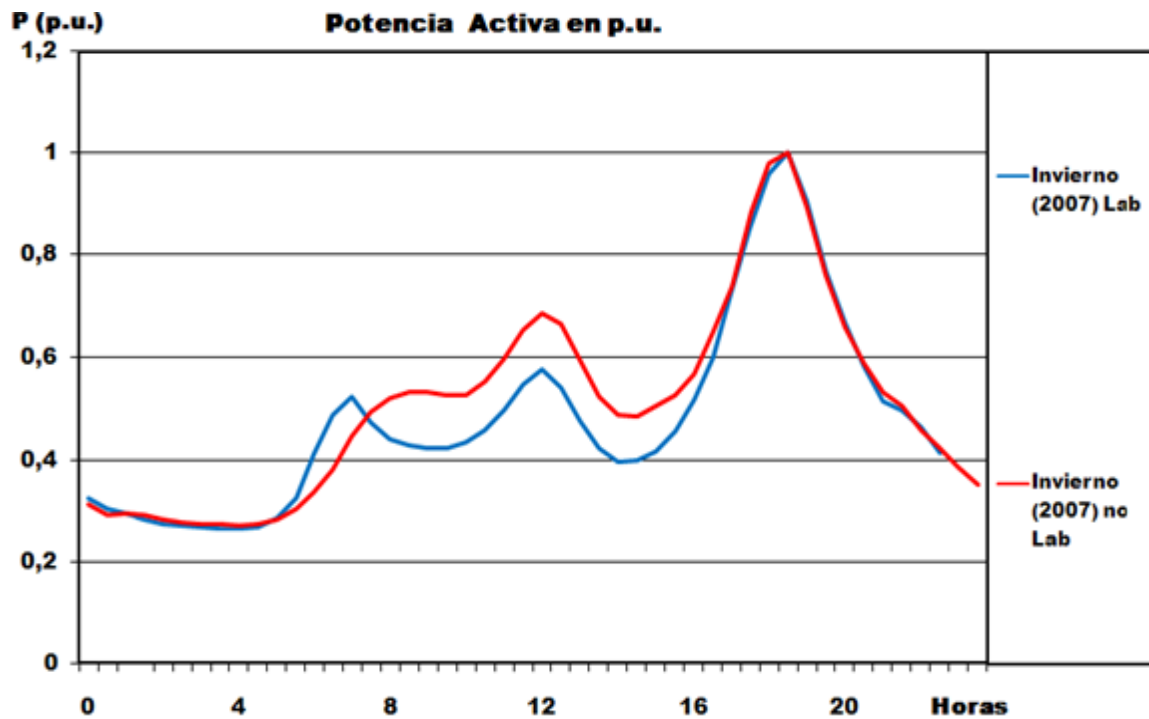


Figura 1.9: Gráfico de la curva residencial en (p.u.) de Potencia Activa en Invierno.

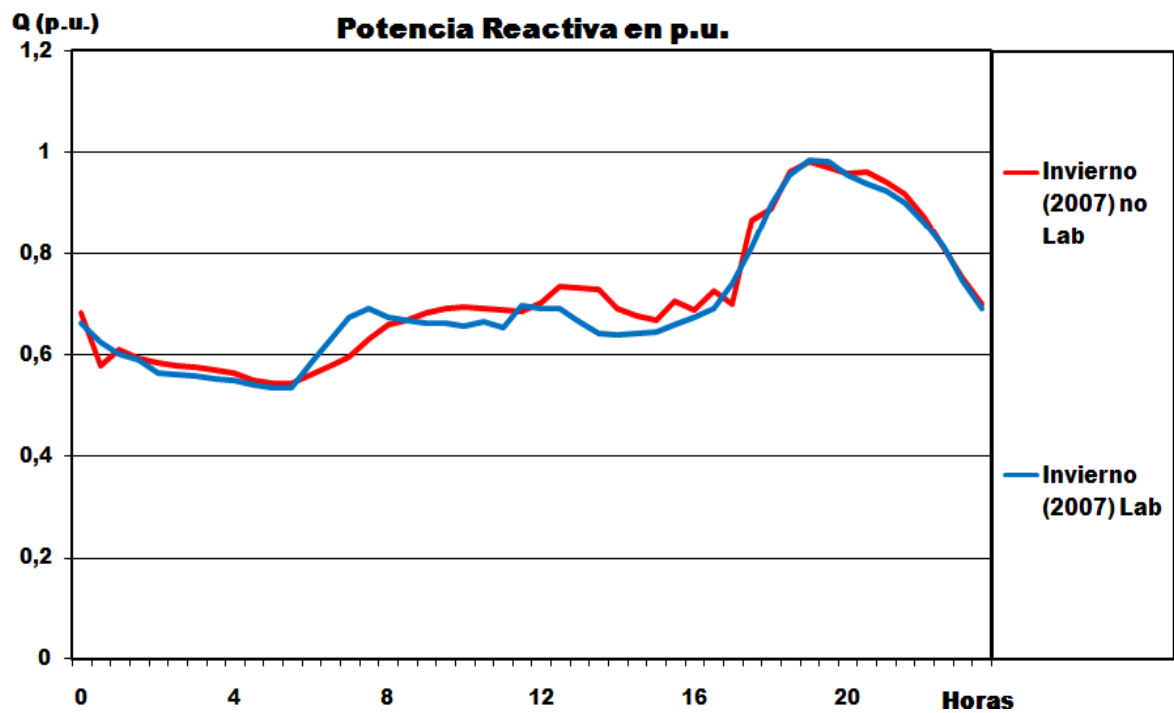


Figura 1.10: Gráfico de la curva residencial en (p.u.) de Potencia Reactiva en Invierno.

### 1.3.3 Caracterización de cargas típicas.

El Ing. Dany Juvier Fernández realizó su trabajo de diploma titulado “Caracterización de cargas típicas” .El objetivo principal de este trabajo fue profundizar en el conocimiento del comportamiento de las cargas típicas; para esto, se enfocó el estudio en dos variables fundamentales: potencia activa (P) y potencia reactiva (Q) con el fin de elaborar los gráficos horarios de cada una de ellas. Se seleccionó la muestra y los lugares a medir teniendo en cuenta que cumplieran con los requisitos del trabajo. Este estudio posee gran aplicabilidad práctica para su uso en el software **RADIAL**, pues permite a los especialistas e investigadores tener una mayor precisión a la hora de realizar estudios en el sistema eléctrico, ya sea sobre pérdidas eléctricas o bien al balancear las cargas, con lo que se logrará una mayor eficiencia en la red nacional, y se contribuirá con el ahorro energético que se está llevando a cabo en el país. En este se elaboraron gráficos en “por unidad” (p.u.) dividido en días laborables, sábados y domingos de entidades dentro del sector comercial como son Tiendas, Oficinas, Hoteles y Policlínicos a continuación se muestran los gráficos obtenidos en los diferentes centros. En este trabajo se pueden encontrar las explicaciones de cada uno de los gráficos de carga. (Juvier 2009)

#### **Tiendas recaudadoras de divisa**

En la figura (1.11) se muestra el gráfico horario típico de una tienda recaudadora de divisa, mediante el cual se representa la potencia activa y reactiva sobre la base de la potencia activa. Para la elaboración del mismo se promediaron las mediciones realizadas en las diferentes tiendas.

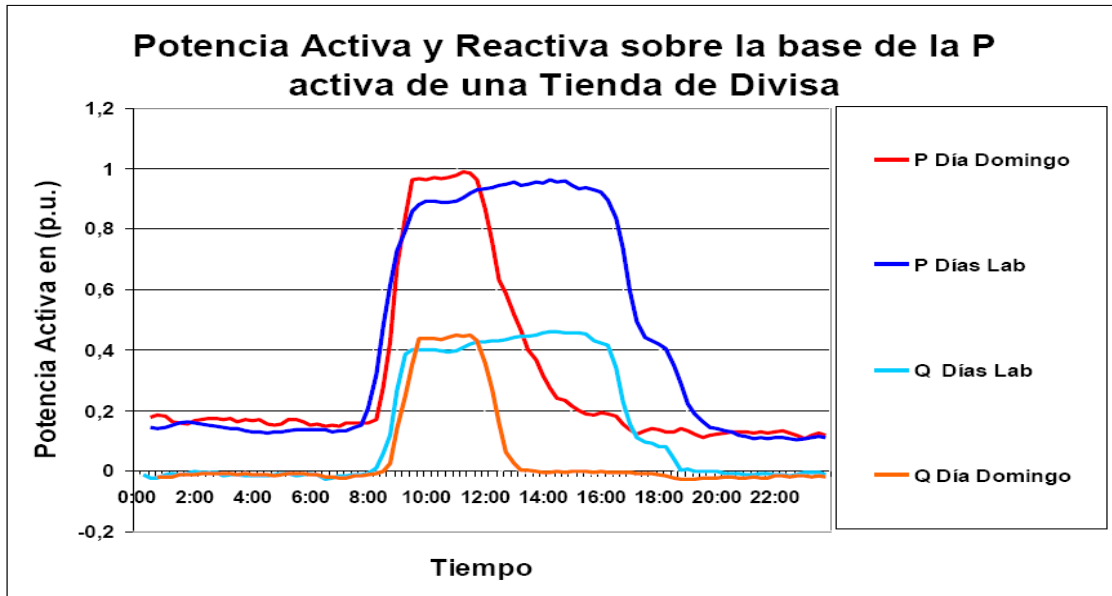


Figura 1.11: Potencia Activa y Reactiva sobre la base de la potencia Activa Tienda de Divisa.

### Carga oficina

El gráfico correspondiente a la figura (1.12) representa la potencia activa y reactiva sobre la base de la potencia activa de una oficina típica. Para la elaboración del mismo se promediaron las mediciones obtenidas en cada uno de los centros medidos respetando en cada caso la clasificación.

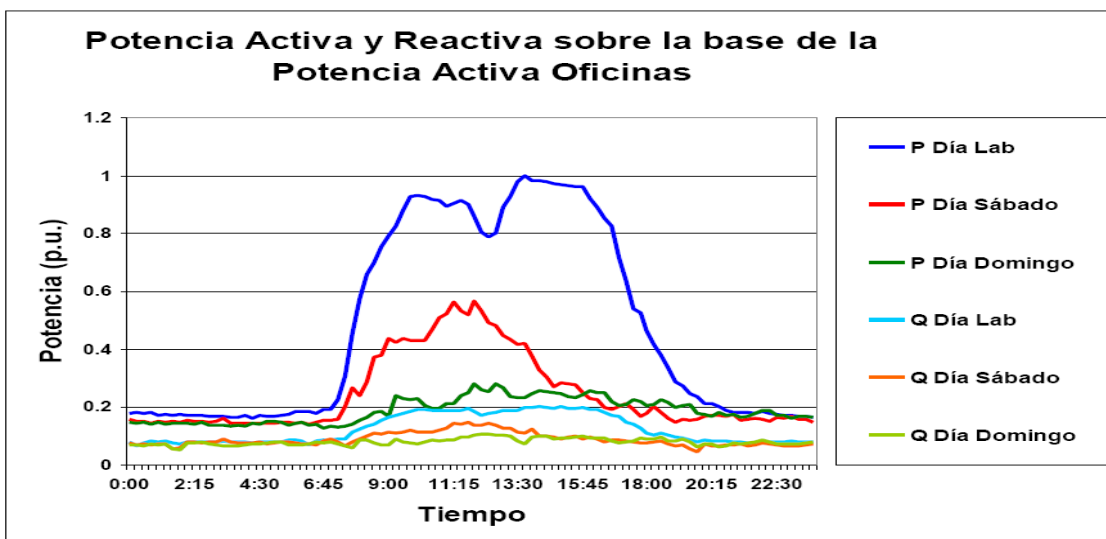


Figura 1.12: Potencia Activa y Reactiva sobre la base de la potencia Activa Oficina.

## Policlínicos

En la figura (1.13) aparece el gráfico promedio de los policlínicos, para cada una de las etapas de la semana.

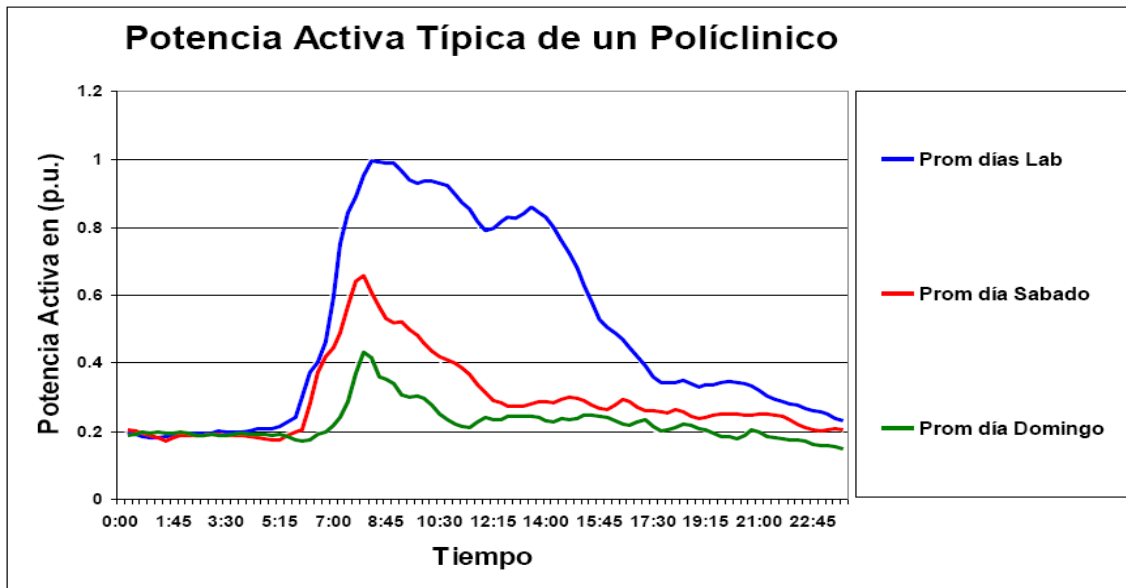


Figura 1.13: Potencia Activa típica de Policlínicos.

## Hoteles

En la figura (1.14) corresponde al gráfico promedio de los hoteles.

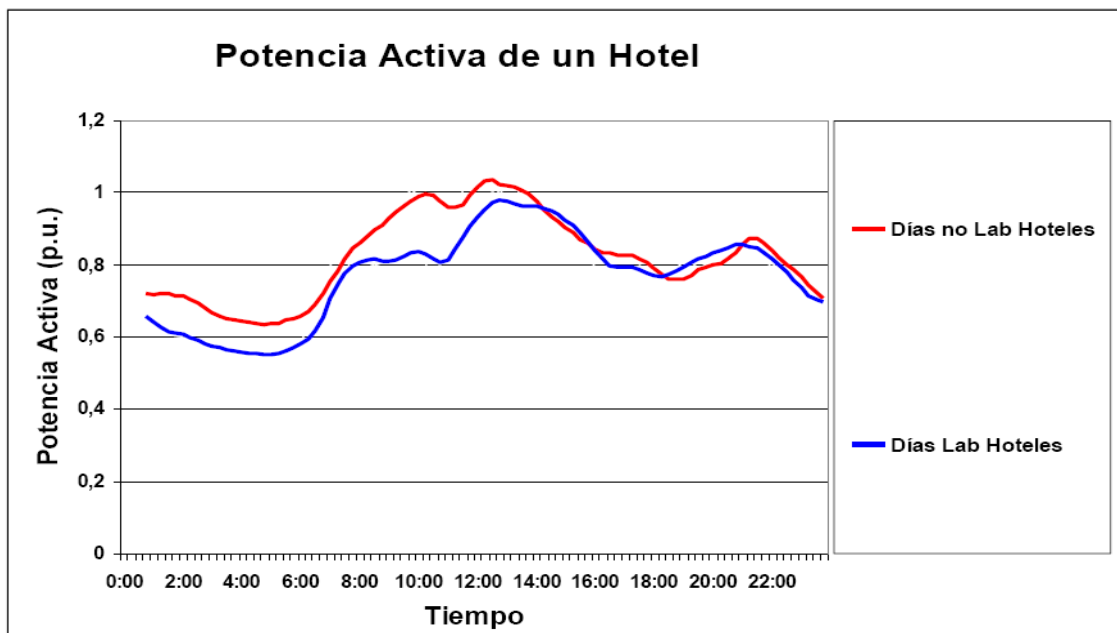


Figura 1.14: Potencia Activa típica de un Hotel.

### 1.3.4 Caracterización de Cargas Residenciales.

Por otra parte el Ing. Yoanni Noya Pérez desarrolló su trabajo de diploma, titulado “Caracterización de Cargas Residenciales”, en el que se realiza una caracterización de carga del sector residencial, para lo cual se enfocó el estudio sobre dos variables fundamentales: potencia activa (P), potencia reactiva (Q), de los días laborables y no laborables, con el fin de elaborar los gráficos horarios de cada una de ellas. Se obtuvieron resultados de gran interés como son:

- La curva característica de verano e invierno actual
- Los gráficos de carga de los circuitos residenciales rurales
- La clasificación de estas para días laborables y fines de semana.

En este trabajo se pueden encontrar las explicaciones de estos gráficos.

Para la realización de este estudio se tomaron como muestra los circuitos 19 y 20 de Santa Clara además de los rurales de Villa Alegre y San Juan. En los gráficos que se muestran a continuación se presentan algunos de sus resultados. (Noya 2009)

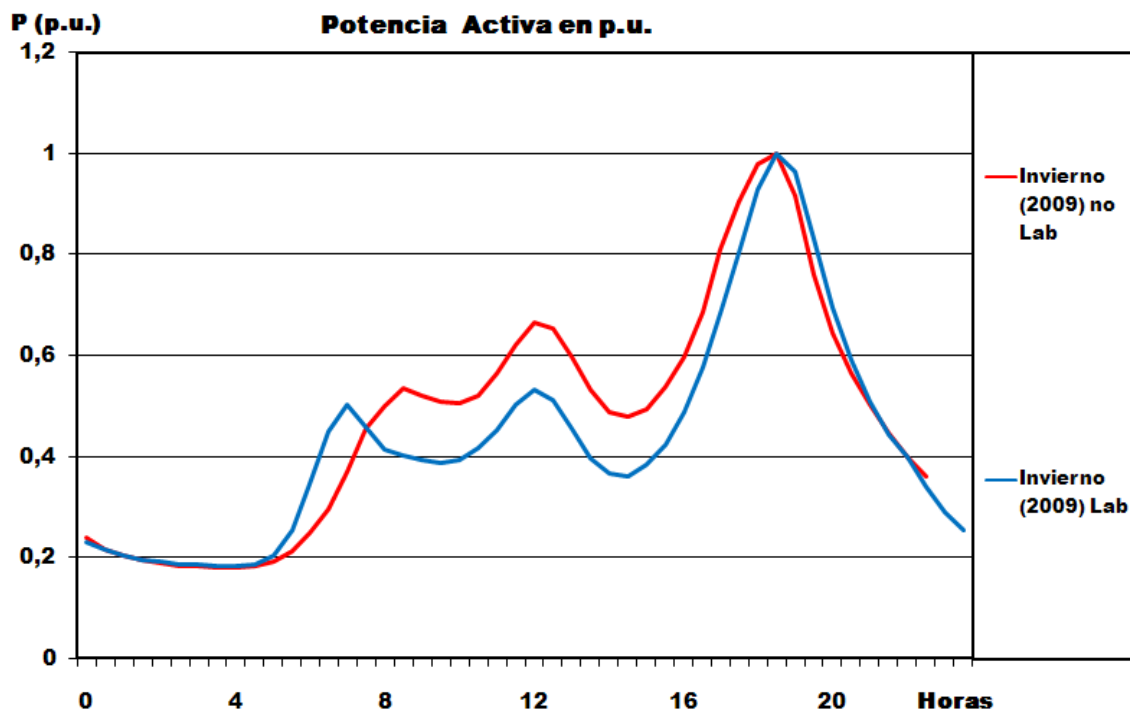


Figura 1.15: Gráfico de la curva residencial de P (p.u.) de invierno.

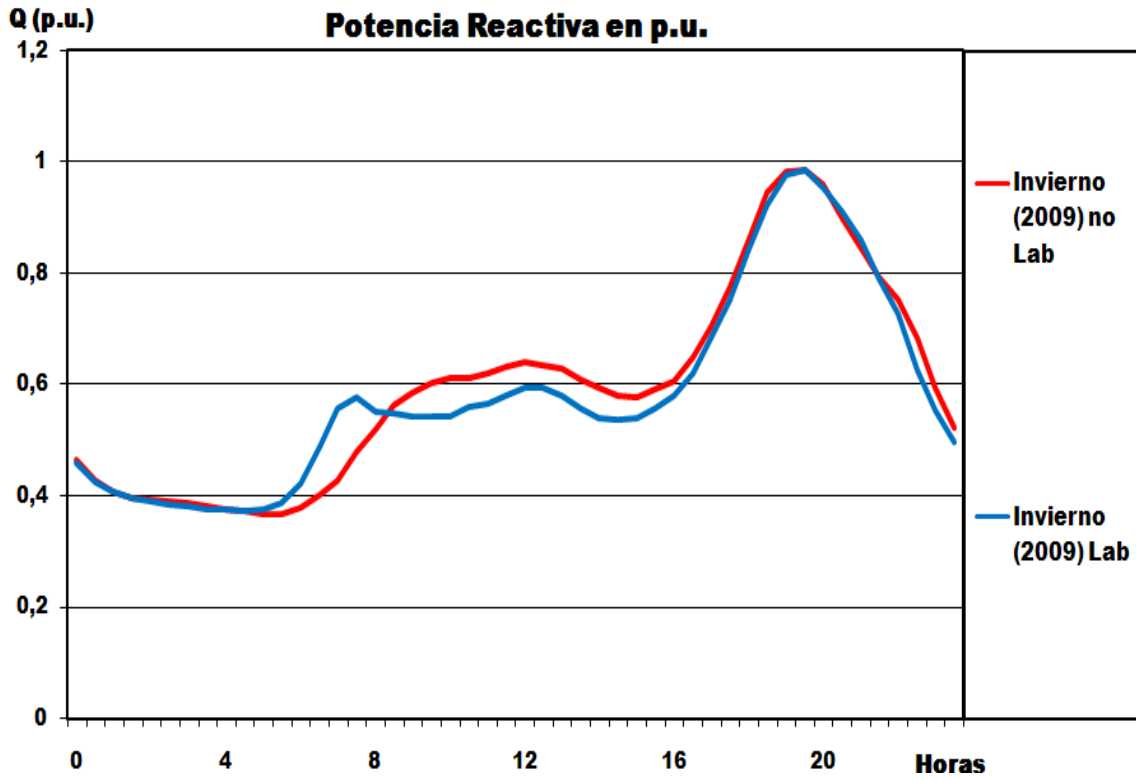


Figura 1.16: Grafico de la curva residencial de Q (p.u.) de invierno.

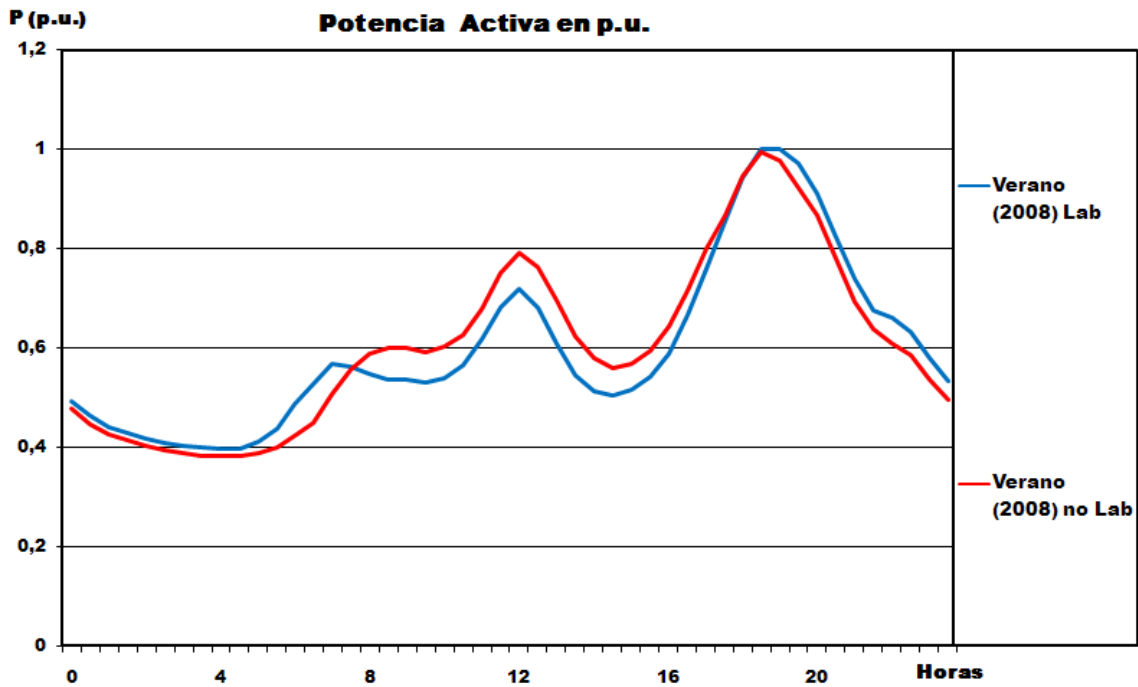


Figura 1.17: Comportamiento de la curva de P (p.u.). (Verano).

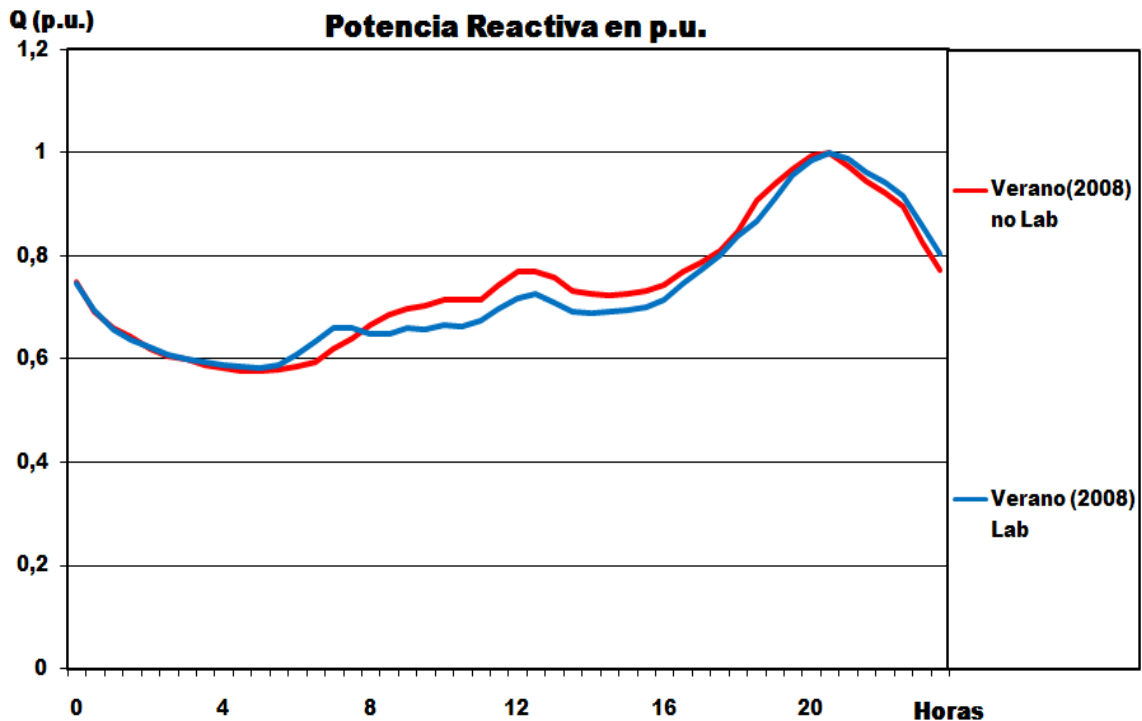


Figura 1.18: Comportamiento de la curva de Q (p.u.). (Verano).

### Comportamiento de las curvas en el sector residencial rural.

Para la selección de los circuitos rurales es válido aclarar que las mediciones fueron tomadas en localidades de pequeños asentamientos poblacionales y circuitos de municipios, se tuvieron en cuenta diferentes aspectos como la presencia de NULEC instalados en las subestaciones y el porcentaje de la carga residencial mayor que el 90 % de la carga instalada. Finalmente se seleccionaron ocho circuitos, de los cuales solo se obtuvieron dos mediciones. Las curvas son obtenidas en verano. Las figuras (1.19...1.22) muestran las curvas en p.u. de potencia activa y reactiva de los días laborables y fines de semana respectivamente para los circuitos de Villa Alegre y San Juan.

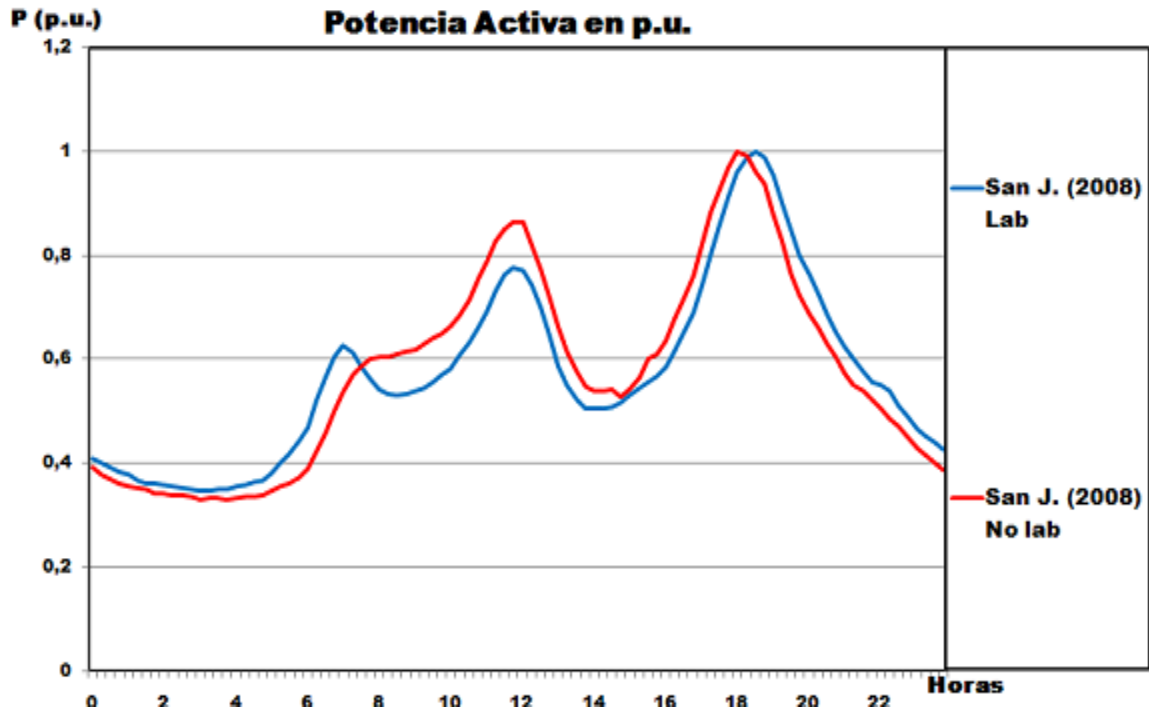


Figura 1.19: Comportamiento de la curva de P (p.u.) circuito San Juan.

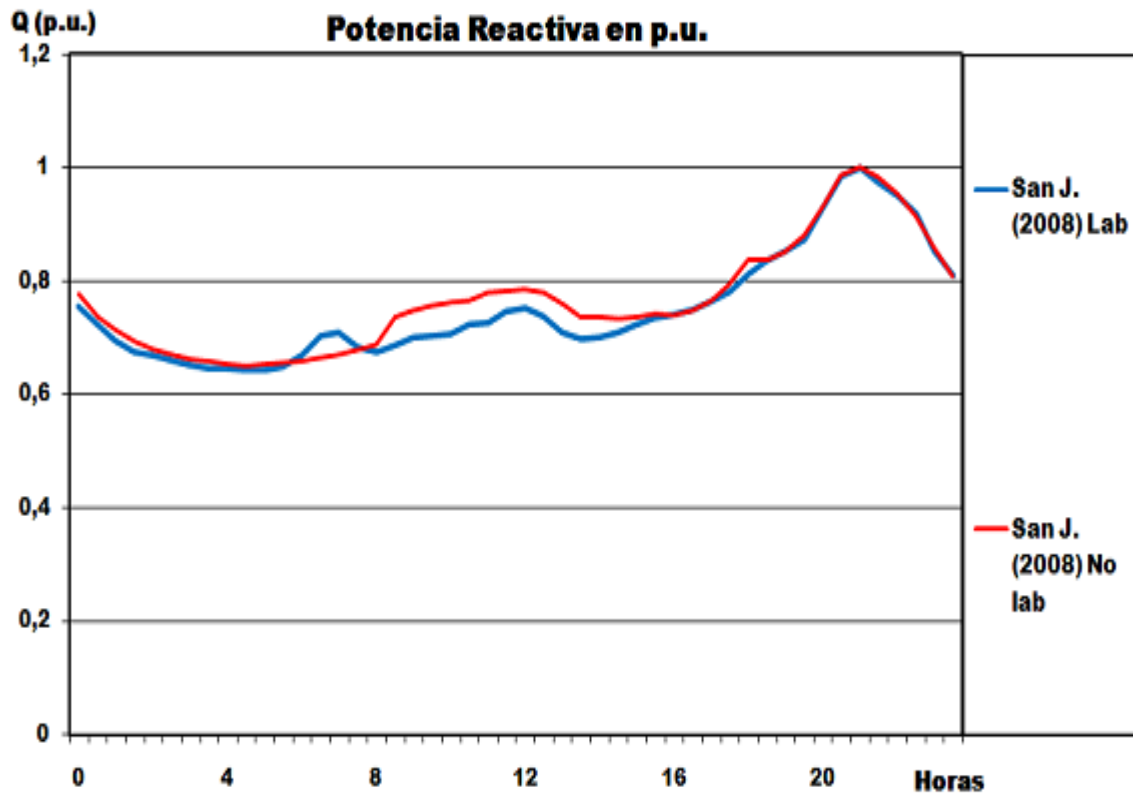


Figura 1.20: Comportamiento de la curva de Q (p.u.) circuito San Juan.

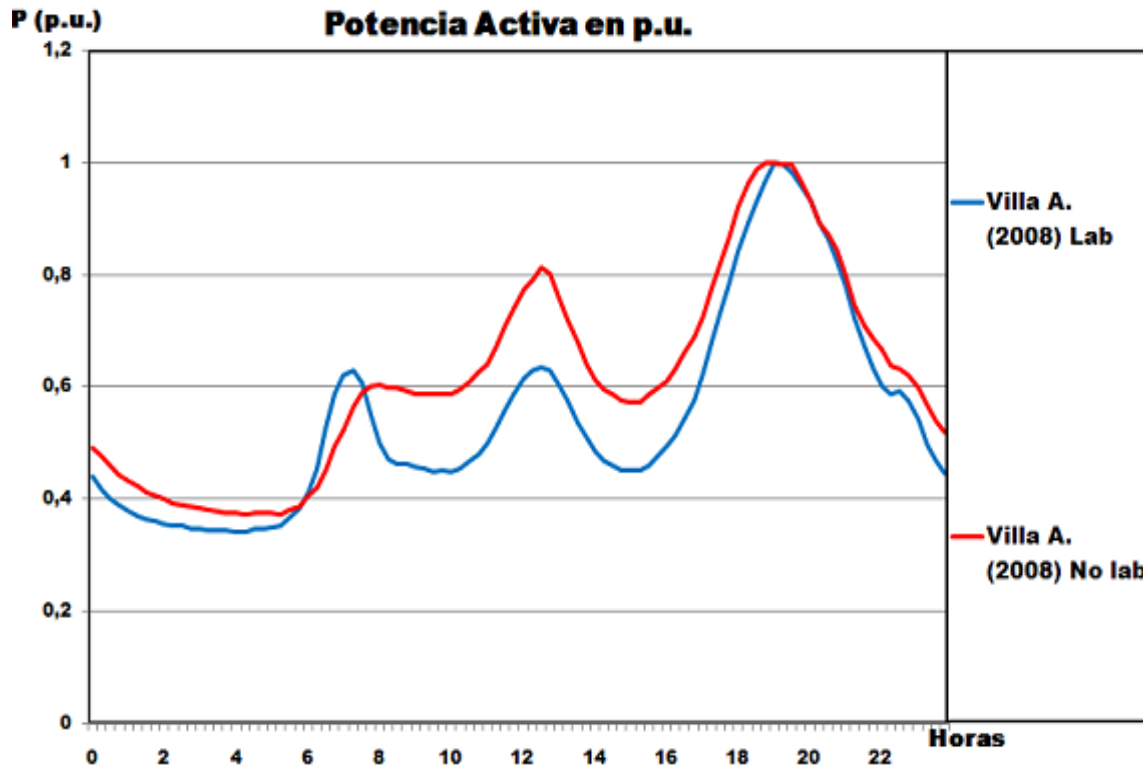


Figura 1.21: Comportamiento de la curva de P (p.u.) circuito Villa Alegre.

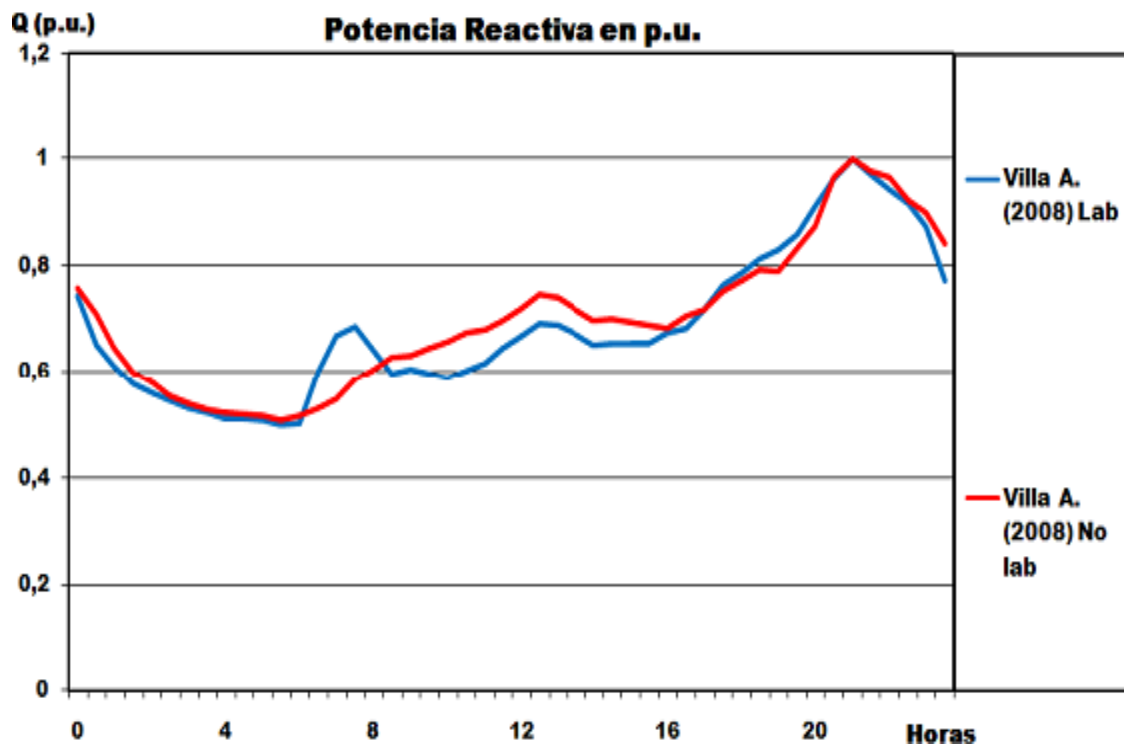


Figura 1.22: Comportamiento de la curva de Q (p.u.) circuito Villa Alegre.

## **CAPÍTULO 2. Requerimientos para el estudio de los circuitos de distribución.**

### **2.1 Generalidades.**

En este capítulo se hace referencia tanto a los equipos que se usan para realizar las mediciones como al software utilizado.

En la actualidad los equipos NULEC constituyen un instrumento de gran potencialidad para recoger la información asociada a los circuitos que se analizan. Estos dispositivos, además de brindar protección contra fallas, registran los principales parámetros operativos de los circuitos.

El sistema de cálculo empleado en los estudios, el software **RADIAL**, utiliza los gráficos horarios de las cargas para evaluar con precisión alta calidad el comportamiento de los circuitos.

La fusión de ambas herramientas dan como resultado un poderos sistema que permite obtener resultados de alta calidad.

### **2.2 Comprobación de los gráficos de carga obtenidos con anterioridad y validación del método de facturación.**

Se le llama método de facturación al que se basa en la obtención de la información del consumo a partir de los datos de las facturas de los clientes conectados a cada banco de transformadores. El método se basa en realizar un levantamiento minucioso de la carga vinculada a los secundarios, a partir de toda la línea desde la salida de los bancos hasta los extremos de las mismas. Se realiza un conteo de los clientes y se clasifica el tipo de consumidor.

Para cada cliente se localiza en la base de datos de la OBE, a partir de las direcciones de estos, el consumo de energía de un mes determinado. Estos datos se agrupan de acuerdo al tipo de consumidor.

Para determinar el consumo de los días laborables, se multiplica la energía consumida por cada grupo por el por ciento que representa de la energía total del mes durante los días laborables. Este por ciento se determina a partir de las curvas típicas de los consumidores para días laborables y fines de semana. De esta forma, se obtiene tanto la energía de un día laborable como de un día no laborable.

Partiendo del área bajo la curva, la energía del día laborable se multiplica por 22 que son los días hábiles que tiene un mes, y la de los no laborables se multiplica por 8 que son los días no laborables de un mes típico; se suman ambas con lo que se obtiene la energía total del mes. Por medio de una regla de tres se calcula el por ciento que representan los días laborables dentro del mes.

Una vez determinada la energía perteneciente a los días laborables se haya el por ciento que representa dentro del banco la energía de cada grupo de carga y con este se van afectando las curvas típicas de las cargas. Finalmente se realiza una sumatoria de la potencia consumida en cada intervalo de tiempo, obteniendo de esta forma el gráfico total del banco.

Para la comprobación de los gráficos típicos y la validación del método de facturación se decidió tomar como muestra las mediciones realizadas a un grupo de bancos para el trabajo de diploma del Ing. *Víctor Manuel Altuna Martínez* titulado: *Caracterización de las cargas mixtas en las redes de distribución*.

Los transformadores se seleccionaron del circuito 2; en aquel momento para seleccionar los bancos se tuvo en cuenta:

- El por ciento de la carga doméstica con respecto a la carga comercial.
- Los horarios de los centros laborales.
- La coincidencia o no de la carga laboral con la residencial (alto en unos caso y bajo en otros).

Los bancos de transformadores se muestran en la tabla (2.1).

**Tabla 2.1: Bancos seleccionados.**

Banco	Dirección	TA	TF	Circuito
SB-0126	Tristá e/ J. B. Zayas y Rafael Lubián.	50	10	2
SB-0127	J.B. Zayas e/ Padre Chao y Marta Abreu	100	25	2
SB-0096	Toscano e/ Padre Chao y Central	50	50	2
SB-0120	Toscano e/ Tristá y San Cristóbal	50	25	2
SB-0114	Padre Chao e/ Toscano y San Pedro	37	10	2

### 2.3 Selección del circuito.

Se decidió tomar como muestra el circuito 10 de la ciudad de Santa Clara por ser un circuito de un tamaño medio, que cuenta con 26 bancos de transformadores y presenta una gran diversidad de cargas.

Para el levantamiento de dicho circuito se tuvo en cuenta su diagrama monolineal el cual se muestra en el Anexo I. Este circuito cuenta además con la particularidad de estar protegido con recerradores NULEC con posibilidades de medición.

### 2.4 Medición en los circuitos primarios.

Para efectuar las mediciones en el circuito primario, se utilizaron los NULEC, los que brindan protección a los circuitos y a su vez realizan y almacenan mediciones de potencia activa, reactiva, aparente, corriente por fases, entre otras, así como la fecha y hora de cada medición. (report)

Actualmente se han colocado estos equipos en un gran número de circuitos, lo que brinda la posibilidad de una mayor fiabilidad y a su vez un mayor conocimiento de la carga en el sector. En la figura (2.1) se puede observar el equipo:



Figura 2.1: Vista de un NULEC.

## 2.5 RADIAL

En la UCLV se desarrolló un software (**RADIAL**) para el estudio de los circuitos de distribución, que realiza flujos de carga monofásicos y trifásicos, estudios de cargabilidad de transformadores, estudio de protecciones, selección y ubicación de capacitores para disminuir pérdidas de potencia o energía. Este software requiere las curvas de carga de todos los consumidores del circuito sometido a estudio.

Este software se está utilizando en estos momentos en la mayoría de las OBEs del centro del país por la amplia gama de estudios que realiza así como la veracidad que presenta el mismo en sus resultados.

El **RADIAL** es un sistema amistoso concebido para realizar prácticamente todos los estudios relacionados con las redes radiales de distribución. Está programado sobre Delphi 5 usando técnicas de programación orientada a objetos y requiere de configuraciones mínimas, prácticamente disponibles en cualquier PC, para su ejecución.

La información requerida para el uso de **RADIAL** se divide en dos grandes grupos:

La general, ofrecida por **RADIAL** por “default”, y que puede modificarse de acuerdo a los datos más convenientes que disponga el usuario.

La particular, que se vincula con los circuitos que se quieren analizar. Esta última se introduce a través de ventanas sobre el diagrama monolineal del circuito, el que se edita de una forma simple, ágil y de fácil manipulación. (Casas Fernández 2001).

Entre los datos de mayor interés para cualquier estudio figuran los gráficos horarios, por lo que la calidad de los resultados de estos estudios dependerá en gran medida de los mismos. Los gráficos que se han obtenido han de pasar a engrosar las bibliotecas de este software para su mejor explotación.

## **2.6 Modelos horarios.**

La última meta que idealmente pretende conseguir el sistema de planificación de una empresa eléctrica es la predicción adecuada de la demanda para cada una de las horas del día (objeto de los habitualmente denominados modelos horarios), ya que si se contase con un modelo de este tipo que fuera suficientemente fiable, resultaría muy útil en la planificación no sólo para adoptar la decisión de adicionar o sustraer capacidad generadora, sino también para considerar la adecuada mezcla de capacidad generadora y elaborar el calendario detallado de mantenimiento preventivo. (Gutiérrez Moya 2003)

Los gráficos de carga eléctrica caracterizan el consumo de receptores individuales, grupos de receptores, un taller o la empresa en su conjunto. Corrientemente se emplean tres tipos fundamentales de gráficos:

- 1) Potencia activa (P).
- 2) Potencia reactiva (Q).
- 3) Potencia aparente (S) o corriente (I).

En este caso se trabaja mediante los gráficos de potencia activa y reactiva por ser los de mayor importancia y representatividad para la determinación de la demanda eléctrica de una entidad o carga en particular. La carga puede ser medida mediante instrumentos instantáneos o registradores, obteniéndose de esta forma gráficos continuos o escalonados según el caso. La duración de los escalones

puede ser normalmente de 15, 30 o 60 min. Considerando su duración, los gráficos pueden ser diarios o anuales. (Gutiérrez Moya 2003)

Las mediciones en los puntos de interés deben de realizarse con la mayor precisión, determinando en todos los casos los gráficos de carga característicos de potencia activa y reactiva. En el caso de las cargas de menor importancia, los consumos de energía pueden caracterizarse mediante mediciones instantáneas y una descripción del ciclo de trabajo de las mismas. Normalmente se emplea como base el día de trabajo característico en que la entidad consume una energía promedio, aunque instalaciones o talleres con régimen muy cambiante de un día a otro, pueden requerir más de un gráfico para la caracterización de su consumo. Para determinar el gráfico de carga de un día característico, deben realizarse mediciones en un número ( $n > 1$ ) de días de trabajo, lo que permite determinar el gráfico de carga característico (promedio), así como evaluar los posibles valores máximos y mínimos de la carga en cada caso.

## **2.7 Clasificación de los Modelos Horarios.**

Los modelos horarios que aparecen en la literatura especializada pueden clasificarse generalmente en dos categorías: la primera categoría se compone de aquellos modelos cuyo propósito es analizar varios experimentos horarios de precios de la electricidad, realizados al nivel de clientes individuales, incluyendo en esta última expresión a los que posiblemente forman su grupo más numeroso: el formado por abonados-clientes que constituyen un colectivo determinado de consumidores, pertenezcan o no a la misma unidad. La segunda categoría de modelos horarios es la que se desarrolla, bien al nivel regional o bien al nivel de una empresa eléctrica. Una característica notable de la literatura especializada en este campo es su falta de profundidad y su tardía aparición debida, sobre todo a la falta de interés de la industria eléctrica en estos modelos ya que hasta mediada la década de 1970 no se disponía de un conjunto mínimo de datos históricos.

En el sector comercial son factores relevantes la magnitud del espacio ocupado por las oficinas, el nivel de empleo en el sector servicios, el número de potenciales clientes en la proximidad del establecimiento comercial, el tamaño de la población

escolar, los niveles de consumo de los ciudadanos. En el sector industrial se suelen considerar factores influyentes en la demanda de energía eléctrica, el nivel de producción industrial, el nivel de empleo en este sector, la productividad de los distintos establecimientos industriales, la normativa medio ambiental. El consumo de energía eléctrica también varía según el día de la semana considerado, ya que la demanda suele ser mayor durante los días laborables que durante los fines de semana o los días festivos. Las cargas no son constantes sino que varían a lo largo del día de acuerdo con las necesidades de los usuarios, destacándose picos de demanda en las horas más críticas. De acuerdo con la presencia de diferentes tipos de cargas la forma de la curva horaria presenta distintos comportamientos. (Gutiérrez Moya 2003)

## **CAPÍTULO 3. Resultados y análisis de las mediciones.**

### **3.1 Generalidades.**

A través de la caracterización de la carga se puede clasificar y tipificar el comportamiento de determinados grupos de consumidores y definir por tanto una curva típica para cada uno de ellos, donde conociendo la composición de la carga en por ciento se puede lograr un acercamiento con un error mínimo a su curva distintiva general.

En este capítulo se comparan mediciones reales con gráficos obtenidos a partir de las curvas típicas de diferentes sectores, así como la comprobación de dichas curvas en el circuito 10 de Santa Clara.

### **3.2 Comprobación de las curvas obtenidas por medio de los gráficos típicos con mediciones efectuadas en bancos de transformadores.**

Las curvas típicas que se utilizaran son las caracterizadas en estudios anteriores y algunos de los que tiene el **RADIAL** implementado. Para determinar la composición de estas cargas se realizó un minucioso levantamiento de los secundarios celando todos los consumidores conectados a los transformadores así como su composición para cada uno de estos bancos. Con los datos recogidos en los levantamientos se procede a la aplicación del método explicado en el capítulo anterior a diferentes bancos cuyas cargas se conocen. Estos bancos se muestran en la tabla (3.1).

Tabla3.1: Composición de las cargas para estos bancos.

Banco	Residencial	Ind 1	Tiendas	Mixta 1	Serv 1	Taller	Oficina
SB-0120	70%	4%		3%	18%	4%	
SB-0114	96%					4%	
SB-0096	65%	11%				19%	5%
SB-0126	52%						48%
SB-0127	13%		20%			15%	52%

En las gráficas (3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5) se exponen las comparaciones entre los gráficos elaborados a partir de las curvas típicas por el método de facturación y las gráficas de las mediciones realizadas con el metrocontador CIRCUITOR.

### SB-0126

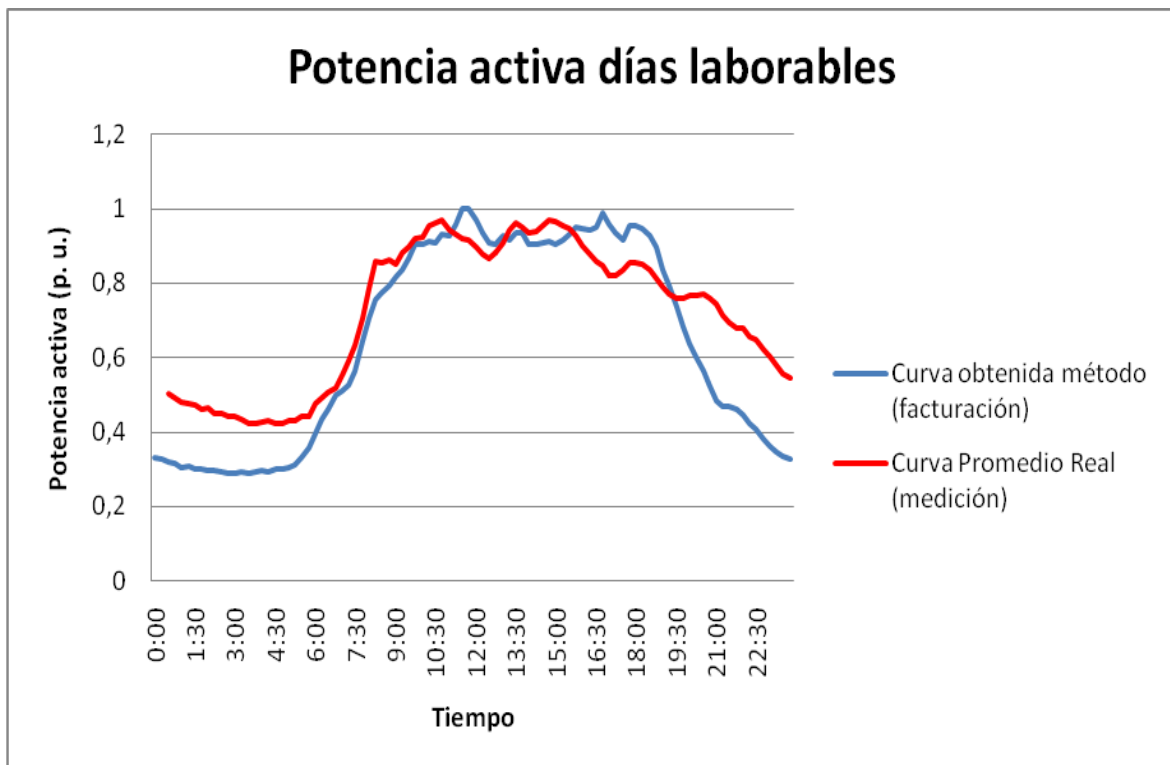


Figura 3.1: Comparación de potencia activa (p.u.), medición real y curva obtenida por el método de facturación del SB-0126.

## SB-0127

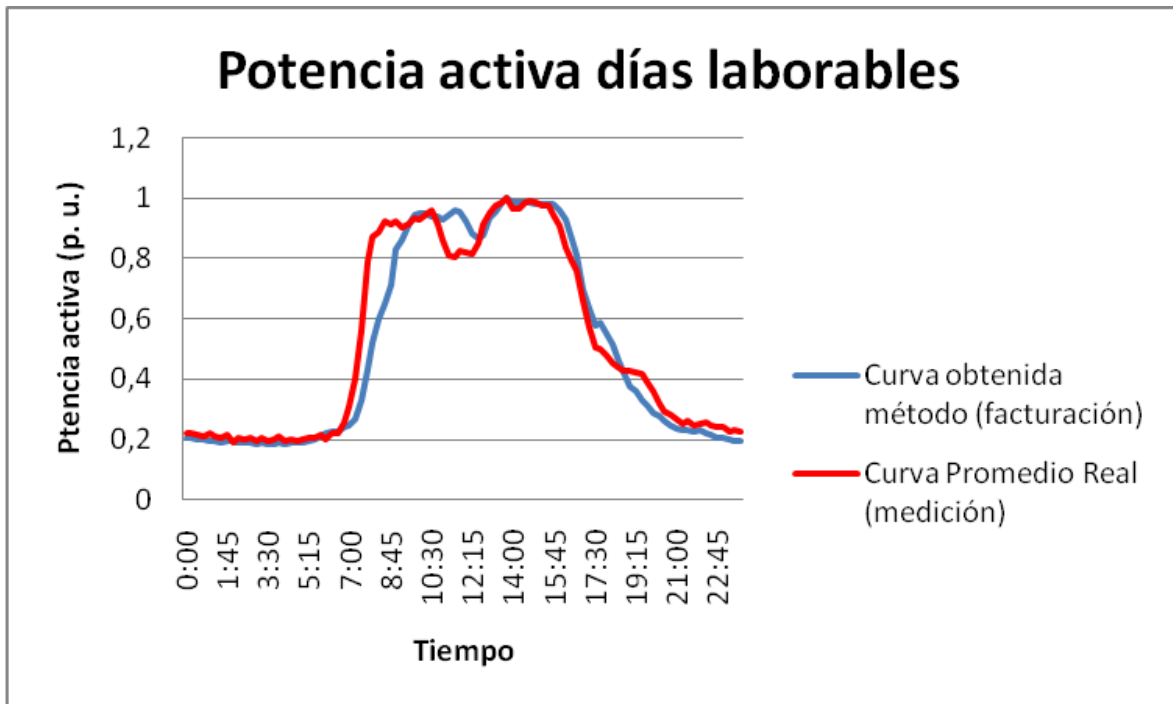


Figura 3.2: Comparación de potencia activa (p.u.), medición real y curva obtenida por el método de facturación del SB-0127.

## SB-0096

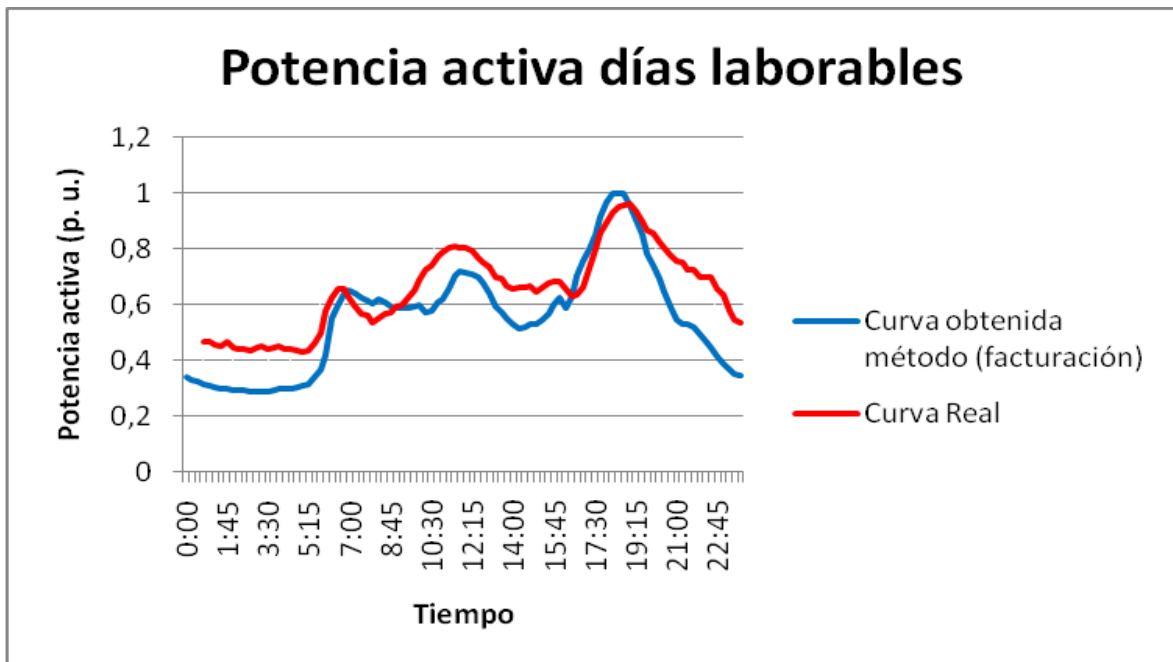


Figura 3.3: Comparación de potencia activa (p.u.), medición real y curva obtenida por el método de facturación del SB-0096.

## SB-0120

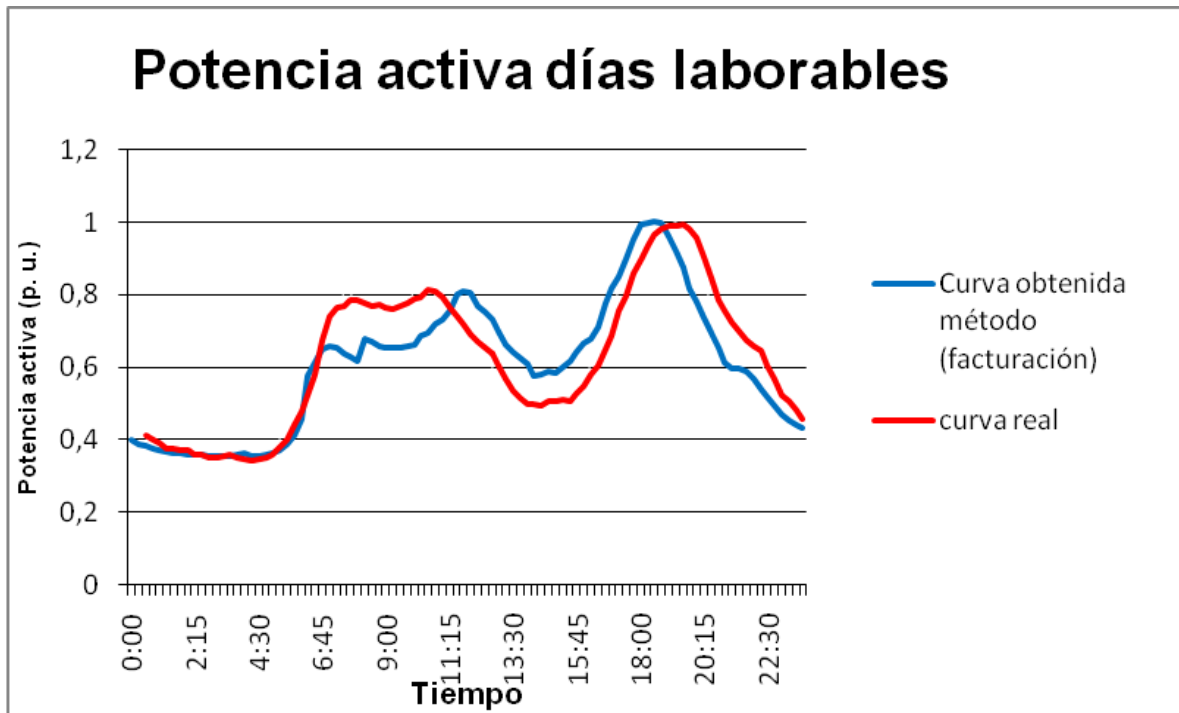


Figura 3.4: Comparación de potencia activa (p.u.), medición real y curva obtenida por el método de facturación del SB-0120.

## SB-0114

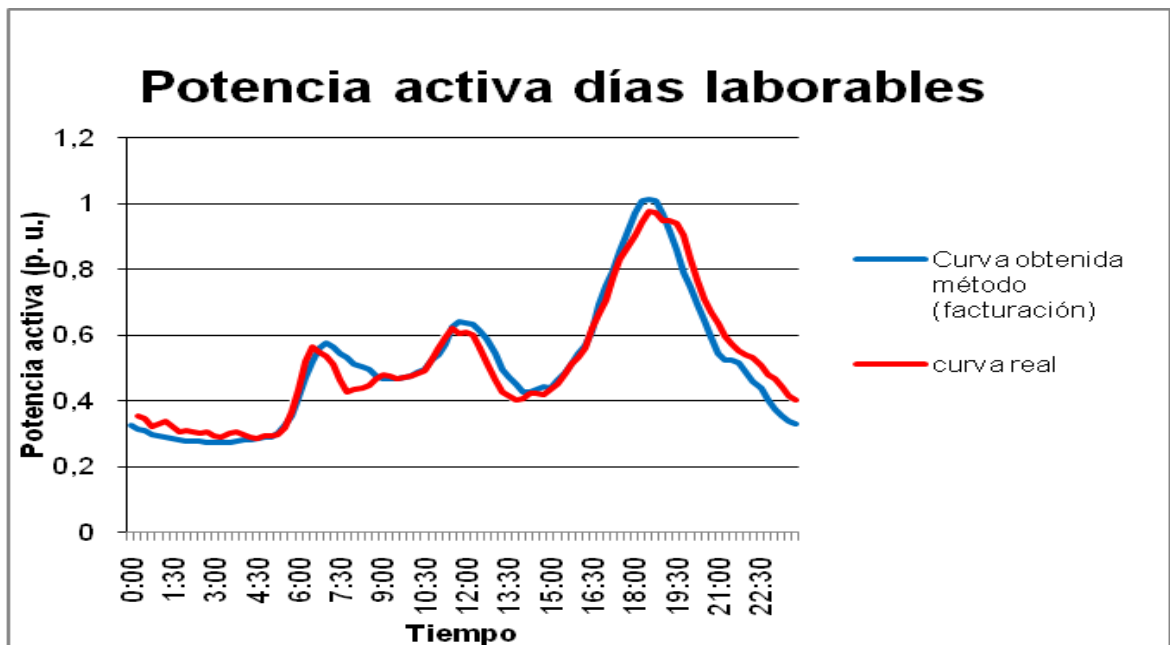


Figura 3.5: Comparación de potencia activa (p.u.), medición real y curva obtenida por el método de facturación del SB-0114.

Como se puede observar en las figuras anteriores las curvas de las mediciones reales y las obtenidas por el método de facturación guardan una gran similitud, con lo que se demuestra que los gráficos de carga caracterizados en estudios anteriores son de gran fiabilidad. Debe tenerse en cuenta que aunque muchos de estos consumidores entran en una misma categoría no todos poseen el mismo equipamiento ni el mismo régimen de trabajo.

Además se demuestra que el método de facturación es factible utilizarlo para el análisis del circuito 10.

### **3.3 Análisis del circuito 10 de Santa Clara.**

Como se ha indicado, este circuito fue seleccionado para la verificación de los gráficos típicos de carga existentes. Parte de subestación ubicada en las cercanías de la empresa de la construcción Gran Panel (de ahí el nombre del circuito Gran Panel D-353), hasta los remates de este circuito por cada uno de sus ramales.

En su recorrido se observó la posición de las fases, así como a las que estaban conectadas los bancos de transformadores y la capacidad de estos. Se completó el levantamiento de los secundarios partiendo desde la salida del banco de transformadores hasta el punto donde rematan realizando un conteo de los clientes y clasificando los consumidores.

Con esta información de campo se aplicó el método de facturación explicado en el capítulo anterior. Este celaje se llevó a cabo para introducir los datos al **RADIAL**. En la tabla (3.2) aparecen los datos más importantes de dicho circuito obtenidos por medio del recorrido efectuado.

Tabla3.2 Composición del circuito 10.

Banco	Exclusivo	No Exclusivo	Cliente	Tipo de Banco	Clasificación del Consumidor
SB-0923	x		TALLER DE SEPSA	Fase Neutro	Taller
SB-0488	x		PLANTA ESCAMBRA Y	Cerrado	Taller
SB-0494	x		FABRICA DE HELADOS PERIQUIN	Abierto	Ind 1
SB-2045	x		EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANT VC	Abierto	Oficina
SB-0498	x		EMP PROD INDUST Y GRUPO DE MAT DE LA CONST VC	Abierto	Oficina
SB-2435	x		GERENCIA TEGN DEL CIMEX	Cerrado	Taller
SB-1753	x		ALUMBRADO	Fase Neutro	Alumbrado
SB-0497	x		REPARADORA UNECAMOTO	Cerrado	Taller
SB-1441		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1575		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1574		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1407		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1440		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1576		x		Abierto	Residencial
SB-1577		x		Fase Neutro	Residencial
SB-1579		x		Fase Neutro	Mixta
SB-0487		x		Fase Neutro	Residencial
SB-0489		x		Abierto	Mixta
SB-0490		x		Abierto	Mixta
SB-1996		x		Fase Neutro	Residencial
SB-0495		x		Abierto	Mixta
SB-1654		x		Fase Neutro	Residencial
SB-0493		x		Abierto	Mixta
SB-1442		x		Fase Neutro	Residencial
SB-0477		x		Fase Neutro	Residencial
SB-0479		x		Fase Neutro	Residencial

En la tabla se observan los bancos que tiene este circuito, así como la clasificación de las cargas por cada banco como son las de taller, oficina, alumbrado, industrial 1. Por no existir un gráfico característico para este último consumidor se utilizó el definido en el **RADIAL**.

Aunque predominan las cargas residenciales, en la tabla (3.3) se puede observar la composición de las cargas por cada banco así como el por ciento que representa cada una tanto dentro del banco como en el circuito como tal.

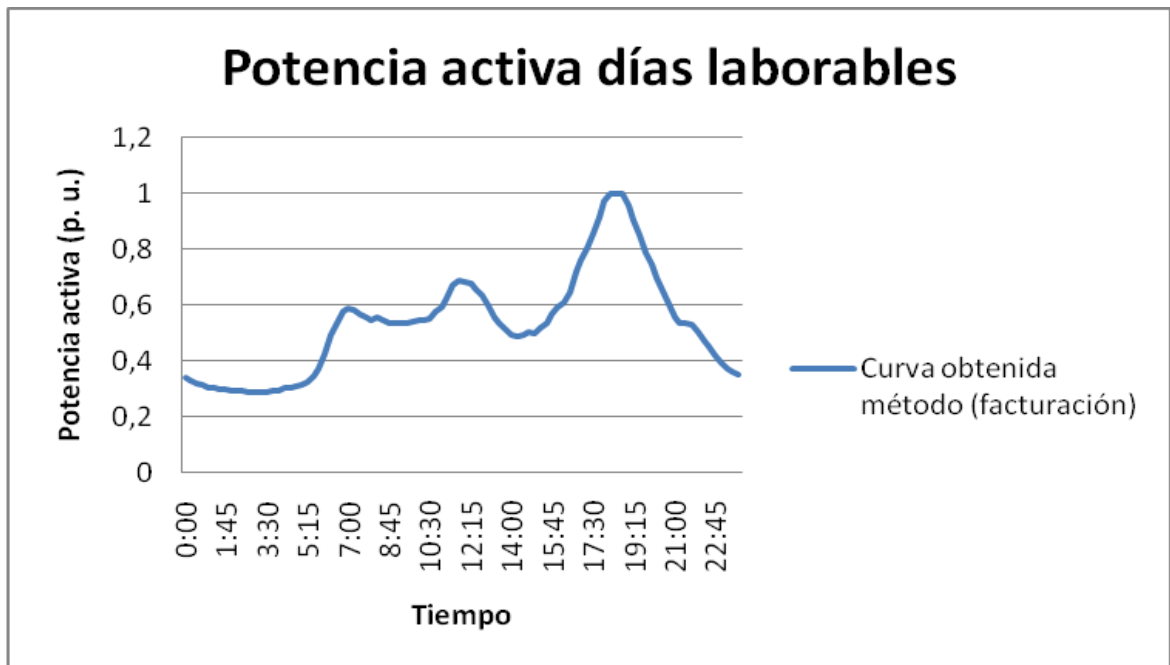
Tabla3.3 Composición de las cargas por cada banco.

Banco	Residencial	Ind 1	Tiendas	Alumbrado	Mixta 1	Serv 1	Taller	Oficina
SB-0923							100%	
SB-0488							100%	
SB-0494		100%						
SB-2045								100%
SB-0498								100%
SB-2435							100%	
SB-1753				100%				
SB-0497							100%	
SB-1441	100%							
SB-1575	100%							
SB-1574	100%							
SB-1407	99.5%							0.05%
SB-1440	97.78%		2.14%					0.09%
SB-1576	97.79%				1.65%			0.66%
SB-1577	100%							
SB-1579	83%					16%		1%
SB-0487	100%							
SB-0489	91%		1%			2%	6%	
SB-0490	59%		9%			2%	15%	15%
SB-1996	100%							
SB-0495	71%						25%	4%
SB-1654	100%							
SB-0493	27%				1%		72%	
SB-1442	97.8%							2.2%
SB-0477	100%							
SB-0479	100%							
<b>Total</b>	<b>67.74%</b>	<b>4.02%</b>	<b>1.04%</b>	<b>0.87%</b>	<b>0.32%</b>	<b>1.18%</b>	<b>18.36%</b>	<b>6.46%</b>

Como se puede observar en la tabla en el circuito predomina la carga residencial ocupando un 67.74% de la carga total del mismo, después le siguen los talleres con un 18.36% así como las cargas tipo oficina con un 6.46% y las industriales con un 4.02%. Las demás no presentan un por ciento significativo dentro del gráfico de carga total del circuito.

### 3.3.1 Obtención del gráfico de carga total del circuito mediante el método de facturación.

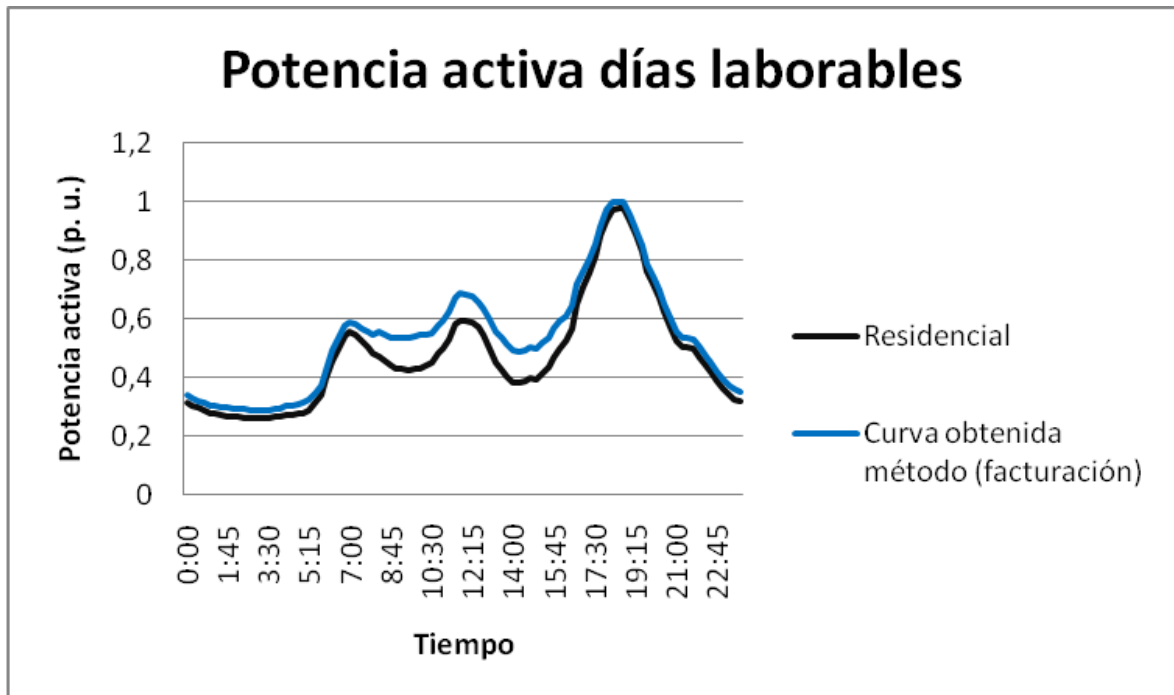
Tras seguir todos los pasos del método de facturación, se obtuvo el gráfico de carga total del circuito, figura (3.6).



**Figura 3.6: Curva de carga total del circuito obtenida por el método de facturación.**

Se puede señalar que en la figura (3.6) la curva es muy similar a la curva característica de la carga residencial por el alto por ciento de carga residencial que existe en este circuito.

En la figura (3.7) se observa una comparación entre el gráfico total del circuito y la curva típica del sector residencial.



**Figura 3.7: Comparación de potencia activa (p.u.), curva típica sector residencial y curva obtenida por el método de facturación del circuito 10.**

Las curvas mostradas en la figura anterior cumplen una trayectoria muy similar solo que en el horario de las siete de la mañana a las hasta las diez y media de la mañana la curva del circuito describe una trayectoria rectilínea por la entrada de los centros de trabajo al terminar el pico de las primeras horas del día del sector residencial.

### 3.3.2 Análisis de las mediciones.

Los NULEC, permiten descargar los datos almacenados en las mediciones en documentos Excel. La curva real se obtuvo a partir de la descarga del NULEC en el período del 28 de diciembre del 2009 al 27 de enero del 2010. Esta descarga después de ser procesada en el Matlab mediante programas facilitados por la empresa eléctrica se introdujo en el Excel para graficar la curva real del circuito. El software Excel es muy factible para este trabajo con tablas y gráficos, pues mediante él se pueden manejar cómodamente datos, hora, tipo y fecha, lo que es de gran utilidad para los requerimientos de esta investigación. Este sistema es una herramienta que permite filtrar los datos que se quieran observar directamente y

discriminar el resto, que no es de interés. Además, este software ofrece una serie de ventajas a la hora de trabajar con gráficos, pues estos se pueden suavizar cuando la característica obtenida es muy irregular. En la figura (3.1) se expone una pantalla de este software.

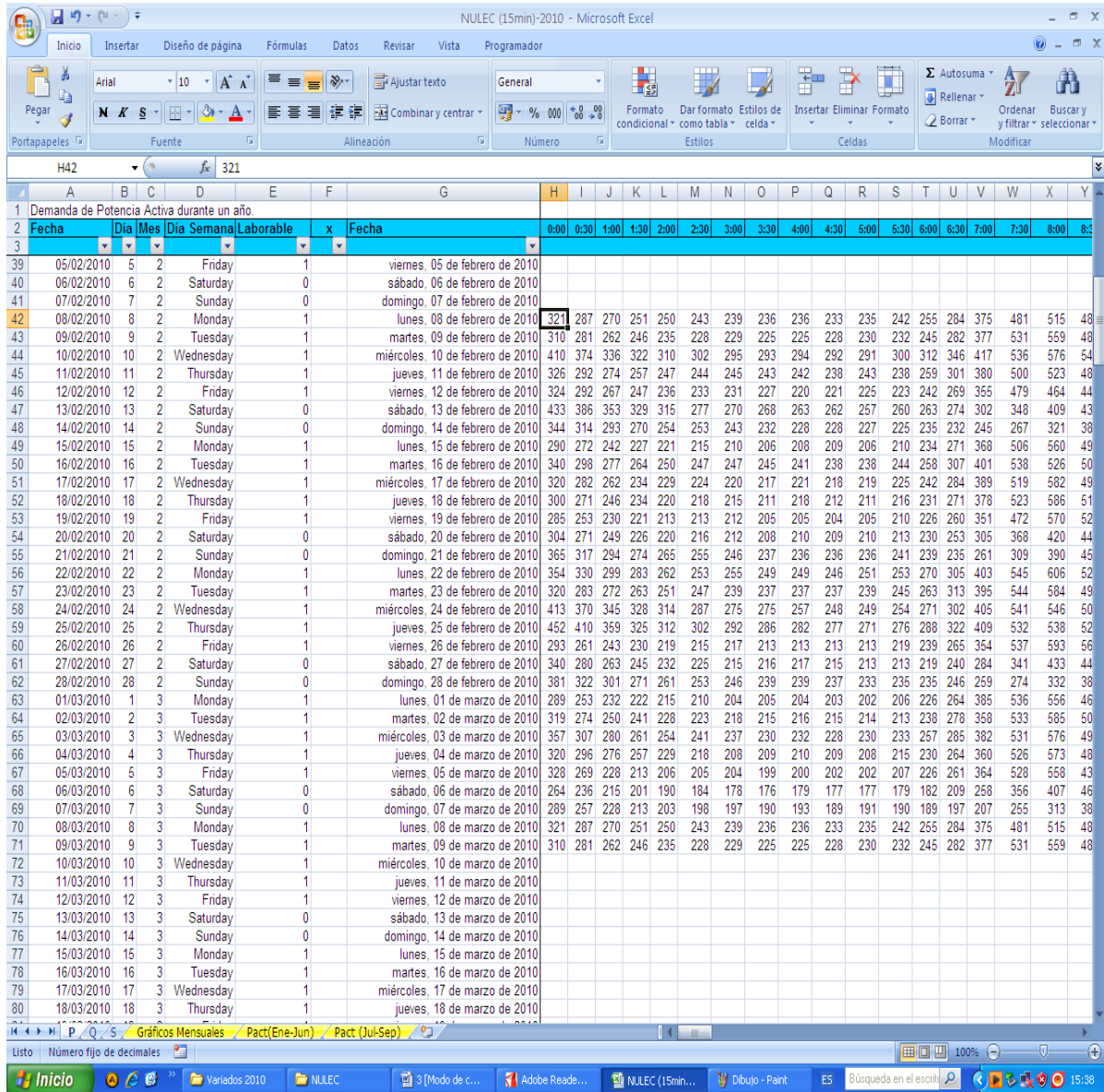


Figura 3.6: Foto del Excel

De esta información se obtuvo la curva real del circuito la que se muestra en la figura (3.7).

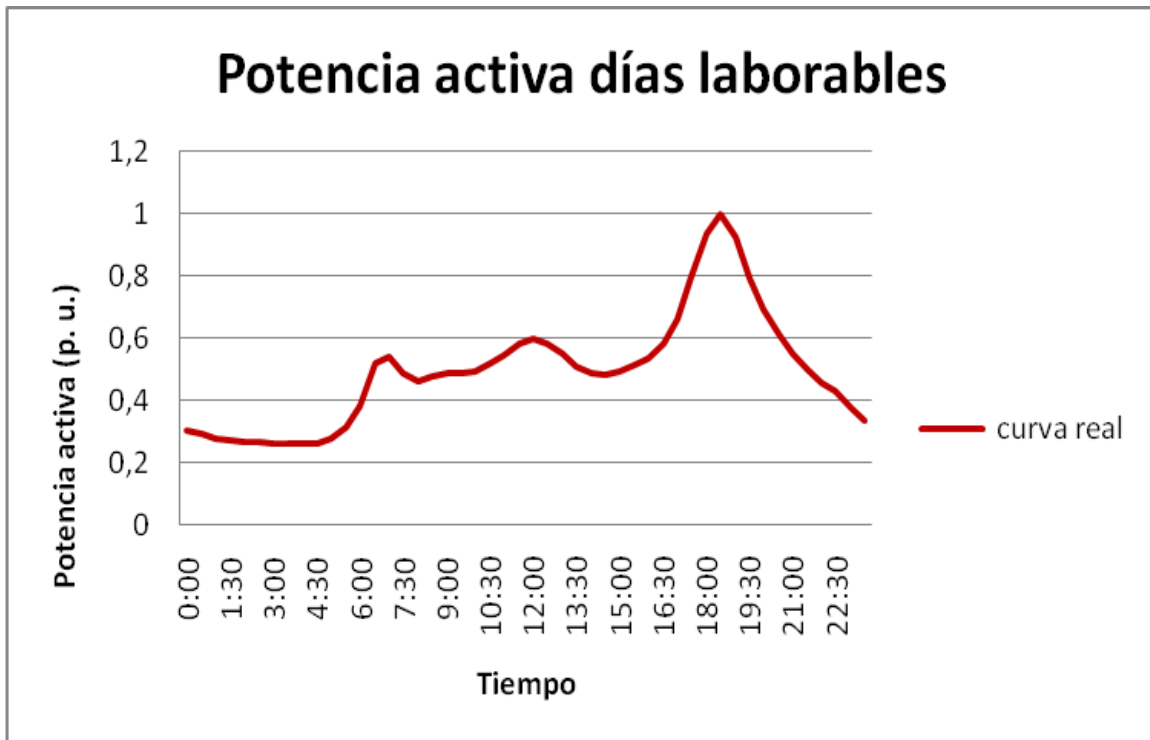


Figura 3.7: Curva real del circuito 10.

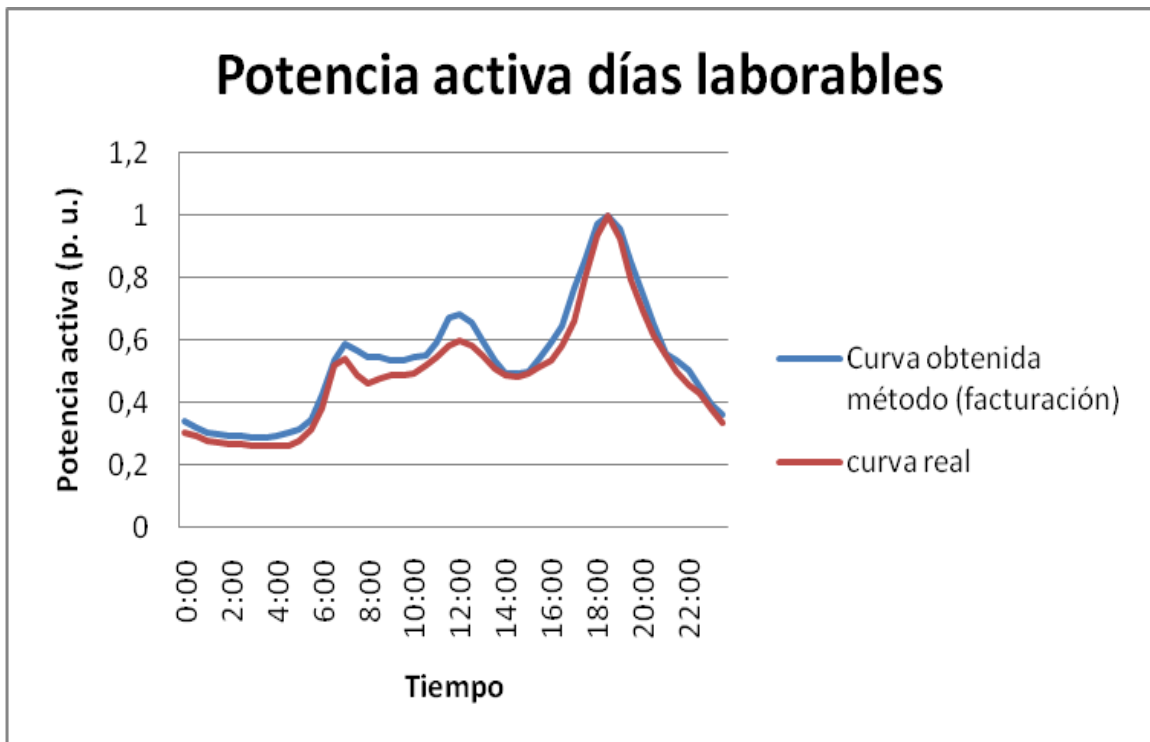
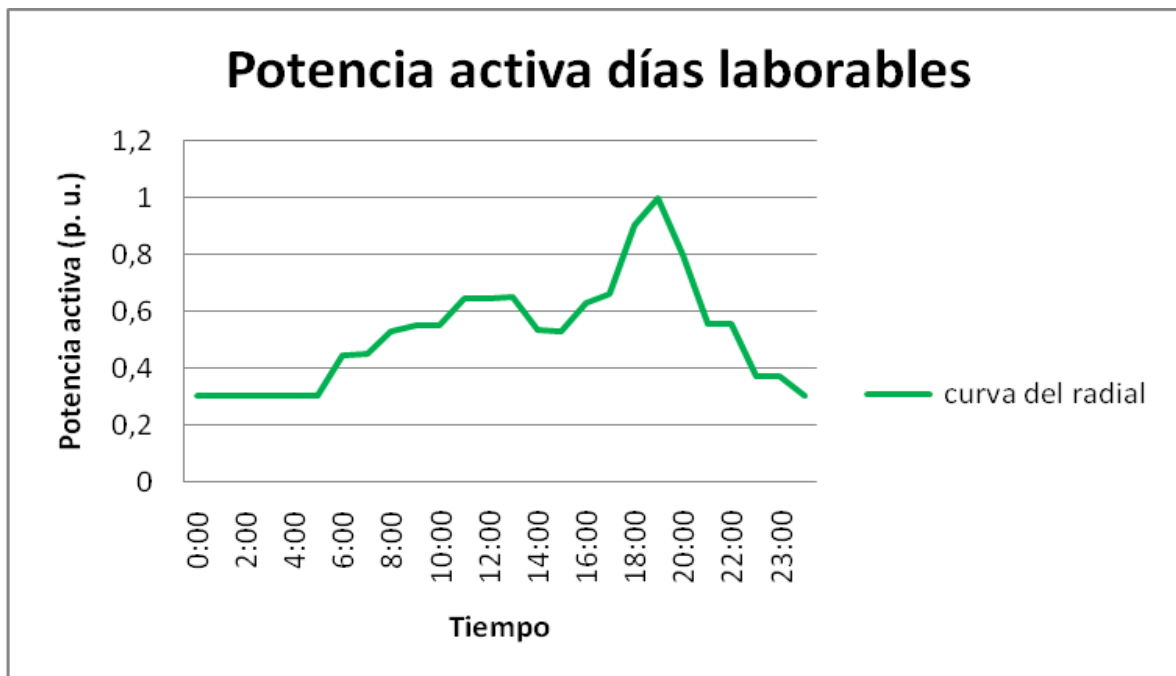


Figura 3.7: Comparación de potencia activa (p.u.), curva real y curva obtenida por el método de facturación del circuito 10.

### 3.3.3 Simulación en el RADIAL.

Con todos los datos recopilados mediante los levantamientos tanto de primarios como de secundarios se logró modelar el circuito en el software **RADIAL** con todos sus bancos de transformadores, para ello se introdujo el gráfico típico de cada banco elaborado a partir de las curvas típicas, lo que se logró gracias a la posibilidad que brinda el software de implementar nuevos gráficos en su biblioteca. El monolineal de este circuito se encuentra en el Anexo II. De esta forma se obtuvo un gráfico de carga total del circuito en el **RADIAL** que luego de ser graficado en el Excel se muestra en la figura (3.8).



**Figura 3.8: Curva obtenida en el radial.**

En la figura (3.9) se comparan entre todas las curvas que se obtuvieron por separado.

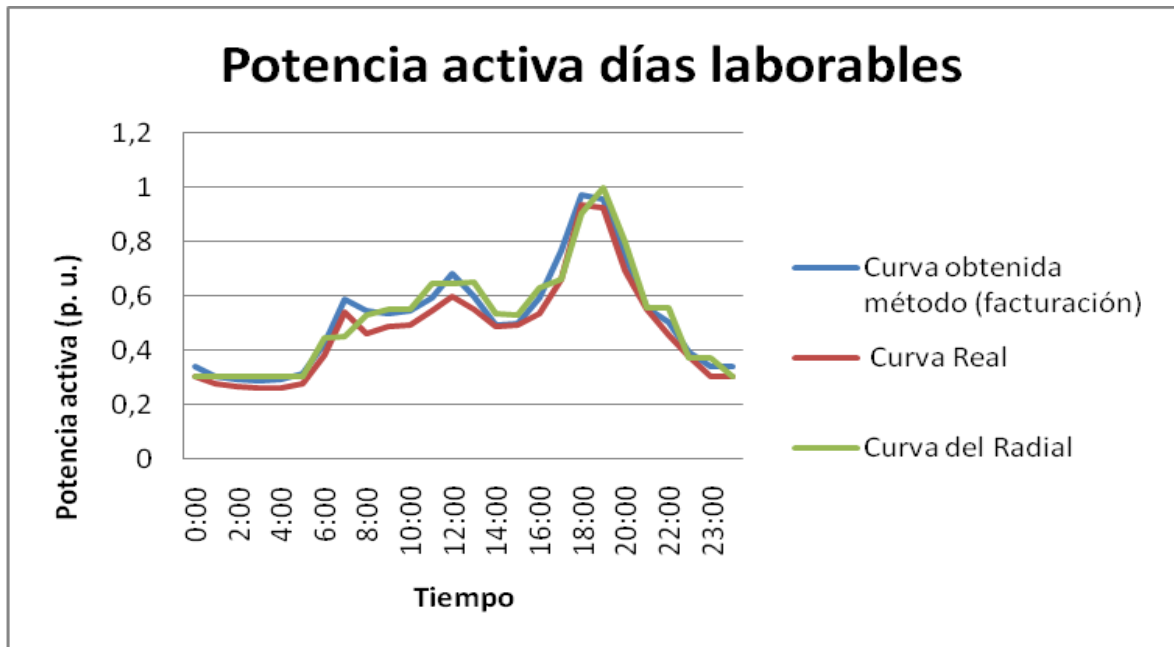


Figura 3.9: Comparación de potencia activa (p.u.), entre curva obtenida por el método de facturación curva real y la curva del Radial del circuito Gran Panel D-353.

Como se puede apreciar las curvas muestran gran semejanza, dando un error del 8 %, lo que demuestra que los gráficos típicos obtenidos en estudios anteriores brindan gran exactitud a la hora de realizar estudios con el **RADIAL**, de lo que se puede concluir que son aptos para su incorporación al software.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se ha demostrado que las curvas típicas obtenidas en estudios anteriores brindan gran exactitud a la hora de caracterizar tanto bancos de transformadores como circuitos de distribución.
2. Las consideraciones anteriores constituyen un gran sustento a la opción que existe en software para el análisis de circuitos de distribución, como el **RADIAL**, en que los gráficos de diferentes cargas se ajustan de forma automática para que la suma de sus demandas horarias más las pérdidas sean iguales al gráfico de carga del transformador de distribución, lo que aporta mayor precisión en los cálculos de la energía y sus pérdidas.
3. Un aspecto que contribuye a la precisión de las curvas obtenidas es dividir la semana en varias clasificaciones, dependiendo de los días laborales y el horario de trabajo de la entidad.

## Recomendaciones

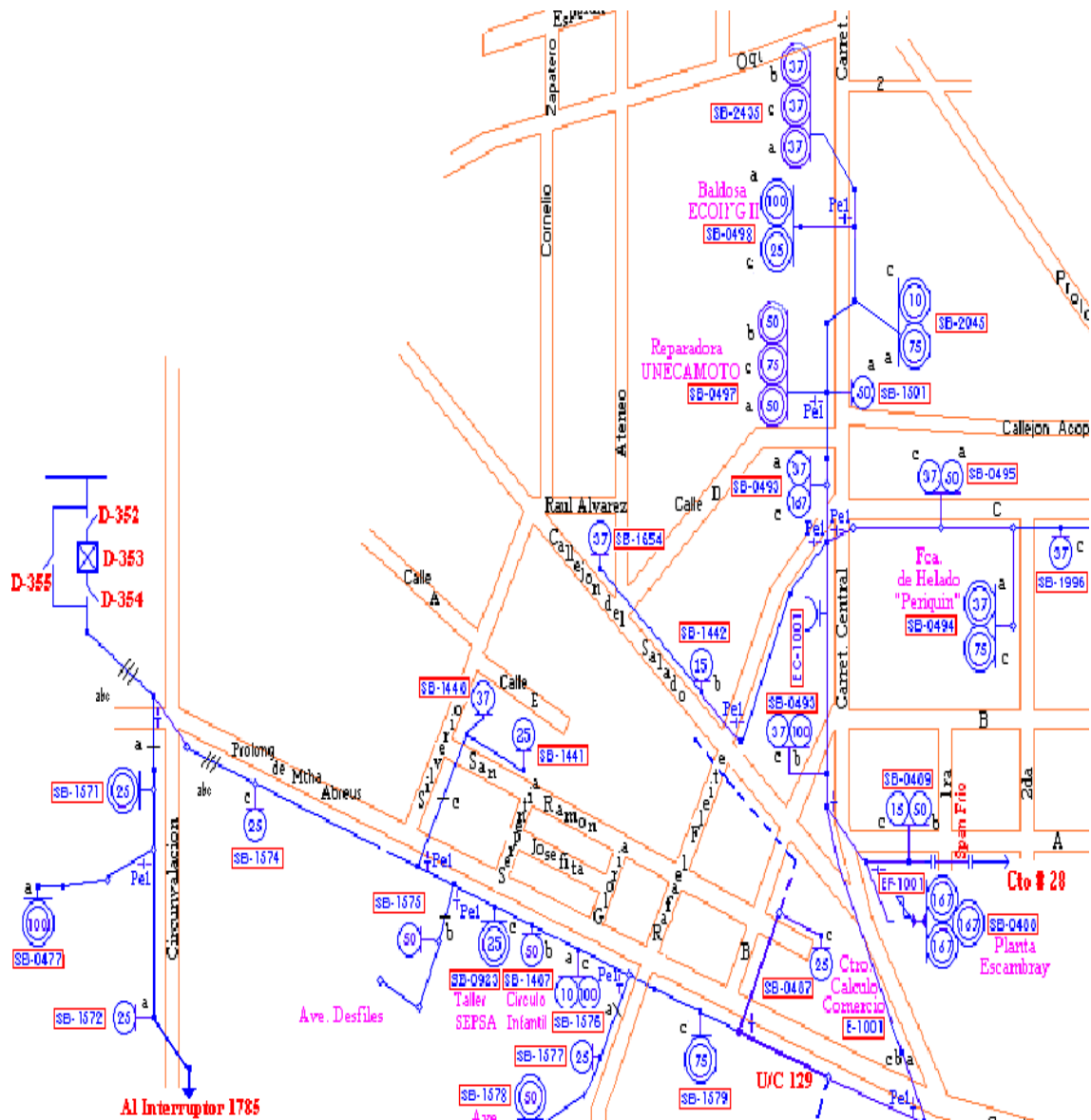
1. Se deben continuar los estudios relacionados con las caracterizaciones de cargas, por el aporte que significa a la precisión de los cálculos de las redes de distribución.
2. El uso de los instrumentos adecuados para realizar las mediciones debe ser la primera medida que se tome con el fin de perfeccionar, tanto el procedimiento como la calidad de los resultados.
3. Se debe coordinar una estrecha vinculación de las respuestas que se vayan obteniendo con el software **RADIAL**, para ir verificando en la práctica la precisión de los estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

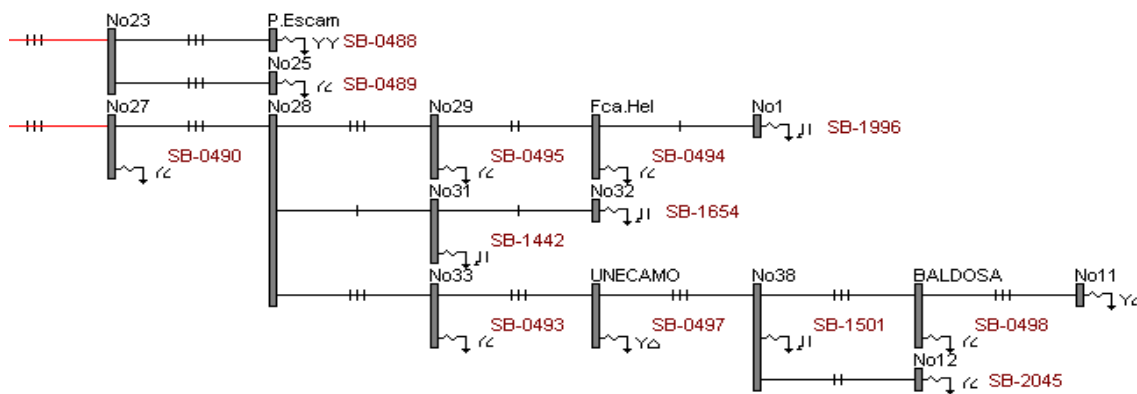
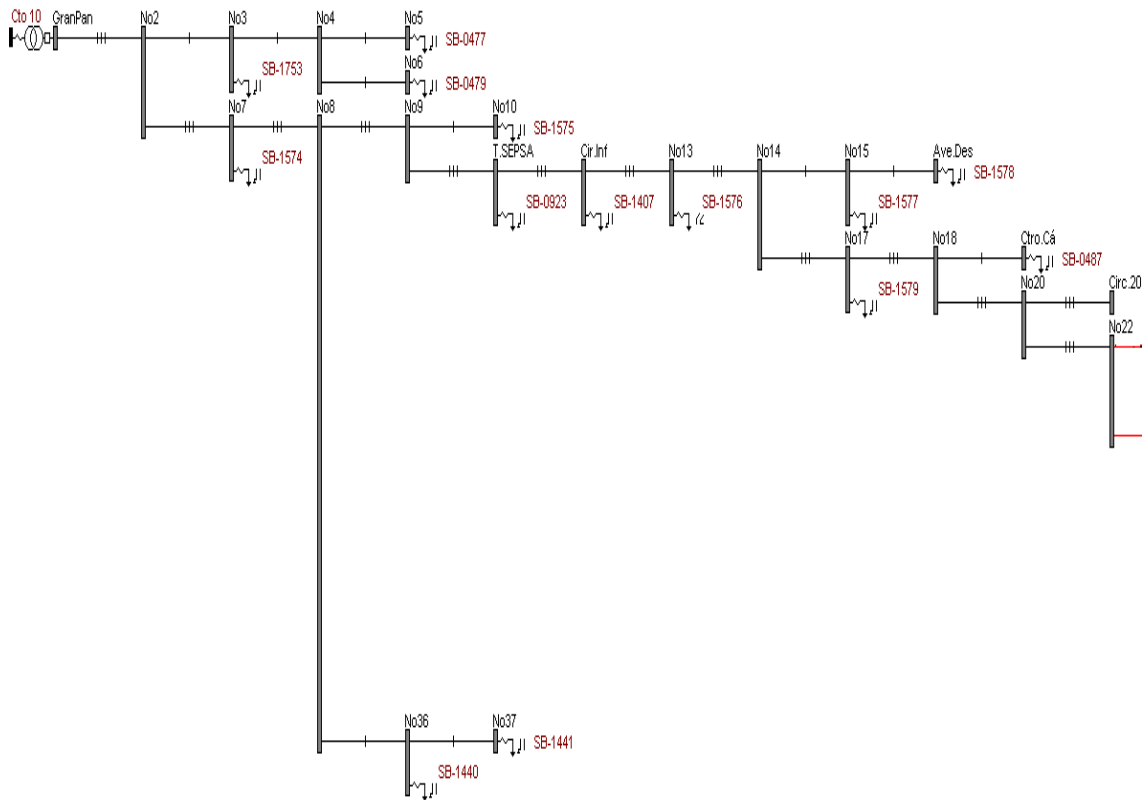
1. Alfonso Gallego, L., A. Francisquini, et al. (2007). "Estimación de curvas de demanda de consumidores, transformadores de distribución y alimentadores primarios en sistemas de distribución."
2. Altuna Martínez, V. M. (2008). "Caracterización de las cargas mixtas en las redes de distribución."
3. Casas Fernández, L. (2001). "Manual de usuario del sistema Radial. "
4. Gutiérrez Moya, E. (2003). "La demanda residencial de energía eléctrica en la Comunidad Autónoma de Andalucía: un análisis cuantitativo."
5. Juvier Fernández, D. (2009). "Caracterización de cargas típicas. "
6. Noya Pérez, Y. (2009). "Caracterización de Cargas Residenciales."
7. Obregón Castellanos, R., V. Doniz González, et al. (2006). "Prospectiva del sector eléctrico 2006-2015."
8. Ramírez González, A. (2006). "Evaluación preliminar de las nuevas cargas residenciales en el consumo y la demanda en Villa Clara."
9. report, P. (s.f.). Offshore success. *Power Engineering*. 9. (8), 28-29.
10. Rodríguez Peña, A. (2007). "Características del Consumo y la Demanda de Energía Eléctrica en el Sector Residencial."

# ANEXOS

## Anexo I Monolineal del circuito 10 (Gran Panel D-353) de Santa Clara.



## Anexo II Monolineal del Radial del circuito 10 (Gran Panel D-353) de Santa Clara.



### NOTA

Para lograr una mayor calidad en la imagen se dividió el monolineal en dos partes. Las líneas que están en color rojo van conectadas entre sí.